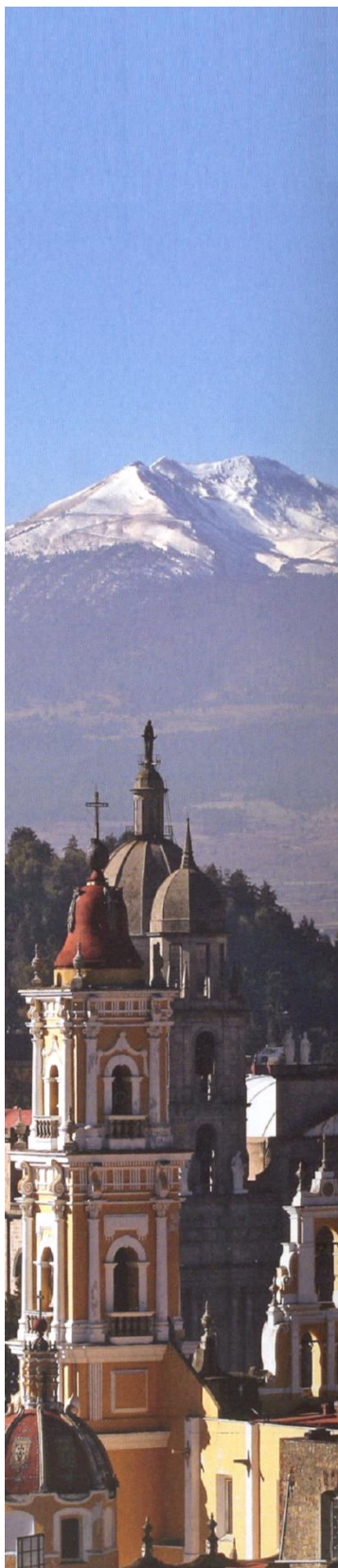




INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TOLUCA Y SOCIEDAD MEXICANA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA APLICADA A RESIDUOS SÓLIDOS

Memorias



“Por la revalorización de los residuos”

Compiladoras

María del Consuelo Mañón Salas

María del Consuelo Hernández Berriel

29 de Septiembre al 3 de Octubre de 2014

Titulo de la obra: Encuentro de Expertos en Residuos Sólidos

Subtítulo: Por la revalorización de los residuos

Compiladoras: María del Consuelo Mañón Salas
María del Consuelo Hernández Berriel

Diseño: María del Consuelo Mañón Salas
Luis Miguel Sanavio Santiago

Editorial: Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aplicada a Residuos Sólidos A.C.
<http://www.somers-ac.org>

Los trabajos incluidos fueron arbitrados por pares académicos. Se privilegia con el aval de la Editorial.

Información Legal

ENCUENTRO DE EXPERTOS EN RESIDUOS SOLIDOS, año 7, No. 1, Octubre 2014-Octubre 2015, es una Publicación anual editada por la Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aplicada a Residuos Sólidos, A.C., Av. Cuauhtemoc 403, Col. Roma Norte, Delegación Cuauhtemoc, D.F., C.P. 06700, Tel. (722) 5097824, www.somers-ac.org. Editor responsable: Dra. María del Consuelo Mañón Salas. Reserva de Derechos al uso Exclusivo No. 04-2014-112714070200-203 ISSN:2395-8170, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aplicada a Residuos Sólidos, A.C., Dra. María del Consuelo Mañón Salas, Hda. Chimalpa 54-B, Sauces V, Toluca, Edo. de México, C.P. 50210, Fecha de última modificación, 28 de septiembre 2014.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aplicada a Residuos Sólidos, A.C.

MEMORIAS

Del 7° Encuentro de Expertos en Residuos Sólidos

Y

3^{er} Foro Nacional de Ingeniería y Medio Ambiente

" Por la revalorización de los residuos "





Comité Organizador

Mtro. Pedro Torres Gómez

Director del Instituto Tecnológico de Toluca

Dra. Sara Benítez

Profesora Investigadora de la UABC y Presidenta de la SOMERS, A.C

M. en C. Arturo Vázquez Lara

Subdirector Académico del ITToluca

Dra. María del Consuelo Hernández Berriel

Profesora Investigadora del ITToluca y Secretaría de la SOMERS, A.C

Dra. Yessica Imelda Saavedra Benítez

Jefa de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del ITToluca

M.C. Gloria Irene Carmona Chit

Profesora Investigadora del ITToluca

Dra. María del Consuelo Mañón Salas

Profesora Investigadora de la UPVT y Vocal de la SOMERS, A.C

Ing. Ivonne Virginia Cortés García

Jefa del Departamento de Ingeniería Química

Dr. Isaías de la Rosa Gómez

Profesor Investigador del ITToluca y Coordinador del Programa Ambiental Institucional

Dra. Claudia Saldaña Durán

Profesora Investigadora de la UAN y Tesorera de la SOMERS, A.C



Comité Técnico Científico

- Dra. Alethia Vázquez M. **UAM Azcapotzalco**
- Dra. Claudia Saldaña Durán **UAN**
- M.C. Evelia Santillán Ferreyra **UMSNH**
- Dr. Fabián Robles Martínez **IPN – UPIBI**
- Dr. Fredy Cuellar Robles **ITToluca**
- Dr. Gerardo Bernache Pérez **CIESAS - Occidente**
- M.C. Guillermina Gómez Beltrán **UTVT**
- Dr. Isaías de la Rosa Gómez **ITToluca**
- Dr. Jorge Lugo de la Fuente **UAEMex**
- Dra. Liliana Márquez Benavides **UMSNH**
- Dra. María del Carmen Díaz Nava **ITToluca**
- Dra. María del Consuelo Hernández Berriel **ITToluca**
- Dra. María del Consuelo Mañón Salas **UPVT**
- Dr. Otoniel Buenrostro Delgado **UMSNH**
- M.C. Rosa María Espinosa Valdemar **UAM Azcapotzalco**
- M.C. Rosa Elena Ortega Aguilar **ITToluca**
- Dra. Samantha E. Cruz Sotelo **UABC**
- Dra. Sara Ojeda Benitez **UABC**
- Dra. Sylvie Turpin Marion **UAM Azcapotzalco**



Presentación

Los Encuentros de Expertos en Residuos, presentan una oportunidad para difundir información e intercambiar experiencias en este campo, además de fomentar la cooperación entre instituciones educativas, sector social, gubernamental y la iniciativa privada.

El 7° Encuentro Nacional de Expertos en Residuos unificado con el 3° Foro Nacional de Ingeniería y Medio Ambiente (7oEERS y 3erFNIMA) se enmarca en el XL Aniversario del Instituto Tecnológico de Toluca (1974-2014), bajo el lema "*Por la revalorización de los residuos*". En esta ocasión, se convocó a especialistas, investigadores, consultores, funcionarios públicos y estudiantes, así como a expositores comerciales, interesados en presentar los últimos avances de investigación, desarrollos tecnológicos y productos centrados en el tema de la utilización de la ciencia y la ingeniería en la prevención, el tratamiento y el control de los residuos sólidos, líquidos y gaseosos. En respuesta al 7oEERS y 3erFNIMA, se cuenta con la presentación de conferencias magistrales y cursos cortos por personalidades de España, Chile, Francia y México, con la exposición de trabajos de investigación orales y en cartel, con un curso especializado de instrumentación y visitas industriales, así como con el montado de stands y patrocinio de 10 empresas reconocidas a nivel nacional e internacional.

Esta memoria digital aborda nueve mesas temáticas desde diferentes disciplinas de estudio. Contiene ochenta y siete artículos en extenso que representan los resultados del trabajo académico, de investigación y vinculación de veinticuatro instituciones de México, una de España, una de Cuba, una de Ecuador y dos Asociaciones Civiles, las cuales se encuentran comprometidas con el medio ambiente por lo que presentan alternativas para incidir en la solución de problemas asociados a la generación, manejo, revalorización y disposición final de residuos. En la memoria se presentan diecisiete trabajos sobre caracterización de los residuos, seis abordan la temática sobre gestión y política ambiental, dieciséis sobre el tratamiento y valorización de residuos, cuatro estas relacionados en la recuperación de energía a partir de residuos, uno que tocó la temática de rellenos sanitarios, once están dirigidos al impacto y riesgo ambiental, catorce hablan sobre sociedad y gobierno, seis tocan el tema sobre tecnologías para el manejo de residuos sólidos y nueve dedicados a la ingeniería y medio ambiente.

Es de suma relevancia lograr entender las implicaciones que tienen nuestras actitudes diarias en la utilización de los recursos del planeta. El cuidado del medio ambiente es responsabilidad de cada uno de nosotros, por ello es necesario impulsar y dinamizar actividades y talleres formativos, campañas de información y sensibilización ambiental, así como cualquier otra práctica comprometida y respetuosa con el entorno; que nos permita hacernos conscientes de esta problemática y buscar alternativas de solución



Índice de Contenido

I Caracterización de Residuos

- Estimación de la Generación y Composición de los Residuos Sólidos en la Ciudad de Chetumal, Quintana Roo. [1](#)
- Degradación de plásticos en condiciones de Intemperismo. [7](#)
- Efecto del Acondicionamiento de Zeolitas Férricas en la Cinética de Remoción del Colorante Rojo 40 [13](#)
- Caracterización Físico-Mecánica de un cartón reciclado formulado para aplicaciones en contenedores de plantas. [19](#)
- Caracterización y análisis de los residuos sólidos generados en el Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Constitución (ITSCC) para implementar un Plan de Manejo Integral. [25](#)
- Caracterización de Residuos Agroindustriales. [30](#)
- Diseño del Contenedor de Residuos Sólidos Domiciliarios de un Fraccionamiento en el Valle de Toluca. [35](#)
- Caracterización de la composta de la Planta de Bordo Poniente del Distrito Federal. [41](#)
- Caracterización del agua residual generada por la procesadora de “Hules Técnicos de la Cuenca del Uxpanapa”. [47](#)
- Diagnóstico de Residuos Peligrosos en los Laboratorios del Instituto Tecnológico de Toluca. [52](#)
- Análisis comparativo de la Generación de Residuos Sólidos en dos IES en México. [58](#)
- Manejo integral de Residuos Sólidos Urbanos en la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología. [64](#)
- Manejo de los Medicamentos Veterinarios Caducos en la Ciudad de México. [70](#)
- Tipificación de Residuos Sólidos de la Unidad Académica de Odontología de la Universidad Autónoma de Nayarit. [76](#)
- Estimación de la Generación de Residuos Eléctricos y Electrónicos en la Ciudad de Loja (Ecuador). [82](#)
- Diagnóstico de los Residuos Sólidos en la comunidad de Magdalena Peñasco, Tlaxiaco, Oaxaca. [87](#)
- Comportamiento de las propiedades hidráulicas de residuos sólidos vinculado a la formación de lixiviados. [93](#)

II Gestión y Política Ambiental

- La Campaña de Electroacopio 2014 en Jalisco. [100](#)
- Determinación del Tiempo para la Cuantificación de Bacterias Anaerobias presentes en Residuos Sólidos Urbanos y Lixiviados. [105](#)



- Análisis Multicriterio Integral para optimizar la Gestión de Residuos Sólidos Municipales. [111](#)
- Construcción de escenarios de mitigación de Gases de Efecto Invernadero provenientes de Residuos Sólidos Urbanos [126](#)
- Estrategia para la Educación Ambiental una Herramienta para la Gestión de Residuos Sólidos en Instituciones Educativas. [132](#)
- La no sustentabilidad de la Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos en el Estado de Guerrero, México. [138](#)

III Tratamiento – Valorización de Residuos

- El Principio de Valorización a través de las Industrias Recicladoras. [146](#)
- Comparación de la capacidad de Bioadsorción de la Cáscara de Naranja Fresca y Seca. [152](#)
- Diseño de Rizotrones para el estudio de Suelos Contaminados con Residuos. [157](#)
- Elaboración de Impermeabilizante a Base de Unicel. [163](#)
- Influencia de los Compuestos Lignocelulósicos en la degradación de la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos. [167](#)
- Uso de Residuos Sólidos como Materiales de Construcción expuestos a Degradación Biótica y Abiótica. [173](#)
- Compostaje de Residuos Sólidos Orgánicos. [179](#)
- Efecto de la adición de Lodos Residuales en las Propiedades Bioquímicas de Suelo. [185](#)
- La corriente de los Residuos Tecnológicos generados en un Ciber establecido en el Municipio de Lerma, México. [191](#)
- Asignación de valor a los Residuos Sólidos Urbanos en el Instituto Tecnológico de Puebla. [195](#)
- Degradación Fotocatalítica de Azul de Metileno usando Oxido de Titanio Dopado con Vanadio, Tungsteno y Niobio. [201](#)
- Experiencias sobre el Tratamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos Urbanos, con Enfoque Local y Participación Comunitaria. [207](#)
- Efecto de la frecuencia de volteo en pilas de Biosecado de Residuos Sólidos Orgánicos. [213](#)
- Biosorción de Fenol en soluciones acuosas empleando Carbón Activado y bagazo de Caña de Azúcar. [219](#)
- Evaluación de los Residuos Pétreos de Construcción y Demolición en el Municipio de Puebla, y su Factibilidad para Reusó. [226](#)
- Determinación de CO₂ de una Vermicomposta elaborada con Estiércol Vacuno a diferentes tiempos de Incubación [232](#)



IV Recuperación de Energía a partir de Residuos

- Análisis del Fenómeno de Lavado de Lodos en dos Tipos de Reactor Anaerobio de Flujo Intermitente Tratando Agua de Rastro [238](#)
- Obtención de Aromáticos de Valor Biotecnológico a partir de Residuos Agrícolas [244](#)
- Residuos Orgánicos de Mercado Empleados para la Obtención de Biohidrógeno Mediante Fermentación Anaerobia [250](#)
- Comparación del Potencial Metanogénico de dos Residuos Orgánicos. [256](#)
- Adaptación de Consorcio Bacteriano para el Tratamiento Anaerobio de Efluentes de La Industria Papelera. [261](#)
- El efecto del pretratamiento con Luz Ultravioleta a Plásticos Biodegradables en Régimen Mesófilico [266](#)

V Rellenos Sanitarios-Vertederos

- Situación Actual de la Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos en el Mundo [273](#)

VI Impacto y Riesgo Ambiental

- Comparación de la Degradación de Plásticos por Intemperismo y en Cámara UV [280](#)
- El efecto de los Gases de Relleno Sanitario en el Ciclo de Vida Vegetal [286](#)
- Degradación de Fenol utilizando un Compuesto TiO_2 /Hidrotalcita [292](#)
- Efecto de la Adición de Biosólidos en las Propiedades Bioquímicas de un Suelo Agrícola del Valle De Toluca [298](#)
- Manejo de Residuos Orgánicos Producidos en el faenado de Porcinos y Reces Provenientes del Rastro Municipal de San Mateo Atenco, Estado de México [304](#)
- Determinación de Metales en las descargas de la Laguna de Chimaliapan en San Pedro Tultepec, Lerma, Estado de México [309](#)
- Estudio de Huella de Carbono por uso de Celulares en dos Universidades del Valle de Toluca [315](#)
- Incorporación del Sistema Globalmente Armonizado (SGA) para la Clasificación y Comunicación de Peligros por Sustancias Químicas en una Empresa de Inyección de Plásticos [322](#)
- Evaluación Comparativa de Actitudes Ambientales en el Ámbito de los Residuos Sólidos Urbanos en el Instituto Tecnológico de Tepic [328](#)
- Manejo de Juguetes Electrónicos: Una Visión de los Consumidores [335](#)
- El Manejo y Disposición de los Residuos de Medicamentos en Guadalajara [339](#)



VII Sociedad y Gobierno

- Perfiles de Comportamiento Ambiental del Consumidor: un Estudio Comparativo [346](#)
- Perfil de Comportamiento del Consumidor Basado en el Nivel de Conciencia Ambiental. [352](#)
- La Separación de Residuos Sólidos en una Institución de Educación Superior [358](#)
- Herramientas de Inteligencia Artificial para determinar Perfiles de Usuario de Telefonía Celular [363](#)
- Elaboración de Macetas con Neumáticos Fuera de Uso [370](#)
- Experiencia de Educación Ambiental para la Separación de Residuos Sólidos en Isla Mujeres [375](#)
- El Manejo de Residuos Sólidos desde la Perspectiva de la Educación Ambiental [381](#)
- Análisis Prospectivo del Programa de Separación de Residuos Sólidos en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara: La Visión de los Alumnos. [387](#)
- Detección de Residuos Electrónicos domésticos en el Valle de Toluca [393](#)
- Actitudes, Comportamientos y Percepciones *Ad Hoc* al Proambientalismo en el Manejo de los Residuos Sólidos en Sayulita, Nayarit. [399](#)
- Actitud Ambiental en Estudiantes que asistieron al Curso de Nivelación Académica en el Instituto Tecnológico de Tepic, Nayarit, México. [404](#)
- Campaña de Educación de Residuos Sólidos en una Institución de Educación Superior. [410](#)
- Hacia una Responsabilidad Social y Ambiental en la Universidad Michoacana. [415](#)
- Educación Ambiental para la Reutilización de los Residuos Sólidos Domésticos en Viviendas del Valle de Mexicali. [422](#)

VIII Tecnologías para el manejo de Residuos Sólidos

- Elaboración y Caracterización de un Material Compuesto a partir de RSU. [429](#)
- Producción de abono orgánico a partir de Lodos Estabilizados provenientes de la Planta Piloto de Tratamiento de Aguas Residuales (PPTAR) UAM-A [435](#)
- Prototipo de Deshidratador Solar elaborado con Material de Reuso [441](#)
- Efecto de la Escala en el Transporte de Contaminantes y Trazadores Conservativos a través del rechazo de una Planta de Tratamiento Mecánico Biológico [447](#)
- Efecto del Agua Residual en Películas Plásticas [453](#)
- Partículas de Hierro de tamaño Nanométrico Soportadas en una Zeolita Natural para la Remoción de Cd (II) en Fase Acuosa. [459](#)



IX Ingeniería y Medio Ambiente

- Escenarios para la Disminución de Residuos Sólidos en un Horno Industrial utilizando un Prototipo Virtual en 3D. [465](#)
- Uso de Cascarán de Huevo y Aserrín para la obtención Simultánea de CaO y Carbón Activado para Catalizadores y Tratamiento de Aguas Residuales. [472](#)
- Análisis de un Sistema Mecánico Sustentable a Escala Piloto para Incrementar la Autodepuración de Cauces de Bajo Flujo [477](#)
- Prototipo Didáctico para el Análisis de Sedimentación Floculante [484](#)
- Evaluación del Proceso O_3/UV como Tratamiento Terciario de Aguas Residuales Industriales para la Degradación de la DQO [490](#)
- Aplicación de Radiocatálisis en Degradación de Muestras Orgánicas Complejas [495](#)
- Desarrollo y Calificación de un Proyecto de Sustentabilidad a través del Cambio de Empaque Secundario para Detergente en Polvo [501](#)
- Evaluación de la eficiencia de Aireación de una Planta Tratadora de Aguas Residuales Municipales. [507](#)
- Aplicación de la Fotocatálisis como Tratamiento Terciario de Agua Residual Industrial para la Degradación de DQO, utilizando TiO_2 soportado sobre Carbón Activado. [513](#)
- Sorción de As (V) en Fase Acuosa utilizando Residuos de Cáscara de Piña [519](#)



Caracterización de Residuos

**Los residuos que usted tira en el camino
no hablan, pero dicen mucho de usted....**

Anónimo

[Indice](#)



Estimación de la Generación y Composición de los Residuos Sólidos en la Ciudad de Chetumal, Quintana Roo.

¹Abel Mizrain Bolón García, ¹José Luis Guevara Franco, ¹Laura Patricia Flores Castillo, ¹Irvin Ricardo Nah Song, ¹Julio Cesar Rodríguez Acosta.

División de ciencias e ingeniería. Universidad de Quintana Roo. Boulevard Bahía S/N esq. Ignacio Comonfort, Col. del Bosque Chetumal, Quintana Roo, México C.P. 77019, 1011306@uqroo.mx o abelbolon@gmail.com

RESUMEN

El consumismo, y la concentración poblacional en áreas urbanas son factores que determinan los incrementos de residuos sólidos urbanos *per cápita*. En este estudio se llevó a cabo un muestreo general de los residuos sólidos municipales de la ciudad de Chetumal, estado de Quintana Roo, el cual permitió caracterizar y conocer la cantidad y generación de residuos sólidos, así como los tipos de subproductos que los habitantes de la comunidad están produciendo actualmente. Esto se hizo siguiendo las normas mexicanas en materia de residuos municipales NMX-AA-015-1985, NMX-AA-019-1985, NMX-AA-022-1985, NMX-AA-061-1985. Este estudio se realizó con la finalidad de optimizar y lograr un manejo integral de los residuos sólidos municipales, ya que actualmente el sitio de disposición final municipal está siendo superado en su capacidad de almacenamiento y las autoridades municipales están buscando alternativas para el confinamiento de estos. Actualmente la población tiene una generación *per cápita* promedio de 0.47 kg, la fracción de materiales recuperables con un 34 % en la que se consideran los plásticos, papel, metales entre otros, por lo cual se tiene un potencial para la separación y con ello la valorización tanto energética para la generación de biogás y composta, o económica mediante la venta de los materiales recuperables; con lo cual se evitaría su confinamiento y se reducirían los impactos ambientales generados por estos, dando más vida al sitio de disposición final.

Palabras Clave: Caracterización, Cuarteo, Residuos Municipales.

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación ocasionada por la evacuación de residuos sólidos urbanos (RSU), compuesta básicamente de residuos domiciliarios, comerciales, industriales y hospitalarios, puede generar impactos negativos de diverso grado al medio ambiente que va en desmedro de la calidad de vida [1]. El consumismo, y la concentración poblacional en áreas urbanas son factores que determinan los incrementos de residuos sólidos urbanos *per cápita*, aunado a esto, son pocos los estados del país en los cuales existe una selección y clasificación de subproductos controlada, por lo que la alternativa de la comercialización organizada de estos subproductos es aún incipiente, prevaleciendo los sistemas de pepena en camiones, contenedores callejeros y en los sitios de disposición final, sin que las dependencias de limpia pública obtengan un beneficio de ella. México tiene la posibilidad de iniciar el tercer milenio y el Siglo XXI con una política en materia de residuos que reduzca al máximo su generación y disposición final como basura y se oriente hacia su recuperación y valorización como recursos susceptibles de reutilización, reciclado y aprovechamiento de su poder calorífico o utilización como combustible alterno. Con ello, transformará el problema derivado de su creciente volumen y de la saturación continua de los sitios de disposición final, en una oportunidad de fortalecimiento de cadenas productivas que son fuente de ingresos, empleos y negocios. [2] La ciudad de Chetumal es la capital del estado de Quintana Roo, se contaba con una población de 151,243 para el año del 2010 la cual está generando una gran cantidad de residuos sólidos, los cuales han desfasado la capacidad del sitio de disposición final del municipio, existen registros del 2011 donde se considera una recolección municipal de 94 400 kg por día de residuos urbanos en la ciudad de Chetumal [3], mientras que en el año 2013, estadísticas estatales señalan una generación municipal *per cápita* de 1.131 kg/día [4], por lo que es necesario llevar



a cabo un muestreo, el cual permita caracterizar y conocer la cantidad y generación de residuos sólidos, así como las cantidades y tipos de subproductos que los habitantes están produciendo actualmente en la ciudad de Chetumal, con la finalidad de optimizar el manejo de la misma y así poder planificar eficazmente el nuevo relleno sanitario.

2. METODOLOGÍA

La cuantificación y caracterización de los residuos sólidos totales se realizó conforme a la normatividad mexicana vigente [5], [6], [7], [8], implementado una selección de muestras aleatoria en la ciudad de estudio, durante el periodo de 7 días, durante el mes de abril del 2013. Se requirió de la participación de la población para poder acumular los residuos generados durante un tiempo de 24 horas. Se consideró los promedios de la generación *per cápita* y la generación de subproductos. No se consideró el estrato socioeconómico, se tomaron casas al azar cercanas a la vivienda de los 15 compañeros del análisis, donde se pretendía analizar 120 casas (Tabla 1).

2.1 Generación *per cápita*.

El análisis de generación *per cápita* se hizo de acuerdo a la norma mexicana NMX-AA-061-1985 [8], realizando algunas modificaciones, ya que para la selección de muestras como se mencionó anteriormente se tomaron casas al azar cercanas a la vivienda de los 15 compañeros del análisis, con lo que se seleccionó y determino el universo de trabajo, posteriormente se visitaron las casas seleccionadas, donde se explicó a las personas la razón del muestreo entregando una bolsa negra de polietileno debidamente marcada, al día siguiente se procedió a recoger la bolsa para llevar a cabo la “operación de limpieza”, con lo que simultáneamente se entregaba una nueva bolsa de las mismas características. Con lo que se obtuvo un promedio por día de muestreo y uno general por todos los días de muestreo

$$G_p = \frac{RSU}{P/d} \quad (1)$$

En donde:

d=día, (d)

G_p= Generación *per cápita*, (Kg/h/d)

RSU= residuos sólidos urbanos (Kg)

2.2. Caracterización

Se seleccionó una muestra representativa para la caracterización por el método de cuarteo fijado por la Norma Mexicana NMX-AA-22-1985 [7]. La muestra total para cuarteo (se realizaron dos cuarteos) vario durante los días de muestreo mientras que la muestra promedio para caracterización fue de 59.25 kg. De la muestra para caracterización se seleccionaron los subproductos de acuerdo con la clasificación convenida y se pesaron por separado. A partir de estos datos se calculó la fracción en peso que cada uno de ellos representa en la muestra total y con este dato, se determinó la cantidad producida diariamente de cada subproducto.

2.3. Peso volumétrico

Se estimó el peso volumétrico de los residuos de acuerdo a la norma mexicana NMX-AA-19-1985 [6]. Se seleccionó un recipiente de 0.075 m³ el cual se taraba antes de cada medición, A continuación, llenamos el recipiente hasta el tope con residuos sólidos homogeneizados, obtenidos de las partes eliminadas del primer cuarteo según la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-15-1985 [5]; golpee el recipiente contra el suelo tres veces dejándolo caer desde una altura de 10 cm.



Nuevamente agregamos residuos sólidos hasta el tope, teniendo cuidado de no presionar al colocarlos en el recipiente; esto con el fin de no alterar el peso volumétrico que se pretende determinar.

El peso volumétrico del residuo sólido se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$P_V = \frac{P}{V} \quad (2)$$

En donde:

P_V = Peso volumétrico del residuo sólido, en kg/m^3

P = Peso de los residuos sólidos (peso bruto menos tara), en kg

V = Volumen del recipiente, en m^3

3. Resultados

La cantidad de residuos generada por día por persona (1) en promedio es de 0.47 Kg, como se puede apreciar en la tabla 1., con lo cual se interpola con la población de Chetumal respecto al censo 2010 en la cual se manifiesta 151243 habitantes, se obtuvo una generación diaria aproximada de 71 toneladas.

Tabla 1. Generación *per cápita*

Día de muestreo	Tamaño de muestra estimado (Casas)	Tamaño de muestra final (Casas)	Residuos acumulados (kg)	Habitantes participantes (personas)	Generación <i>Per cápita</i> (kg/h/día)
1	120	116	188.635	350	0.54
2	120	112	149.720	336	0.45
3	120	112	200.195	337	0.59
4	120	112	146.615	337	0.44
5	120	113	143.890	337	0.43
6	120	110	131.555	321	0.41
7	120	93	109.888	244	0.45
$\bar{x}$	120	110	152.928	329	0.47

La densidad de los residuos sólidos conocida como el peso volumétrico se estimó en un promedio de 114 kg/m^3 (tabla 2) la cual se obtuvo con la formula (2) mencionada en la metodología. La densidad aparente es común en este tipo de materiales.

Tabla 2. Peso Volumétrico In Situ de Los Residuos Sólidos Generados

Día	1	2	3	4	5	6	7	$\bar{x}$
Peso volumétrico (Kg/m^3)	65.54	108.16	130.54	123.54	127.33	123.9	123.14	114.59

Para la clasificación de los materiales se utilizaron las categorías descritas por Gallardo [9], como se observa en el tabla 3.



Tabla 3. Categorías para la Determinación de la Caracterización Física de los RSU

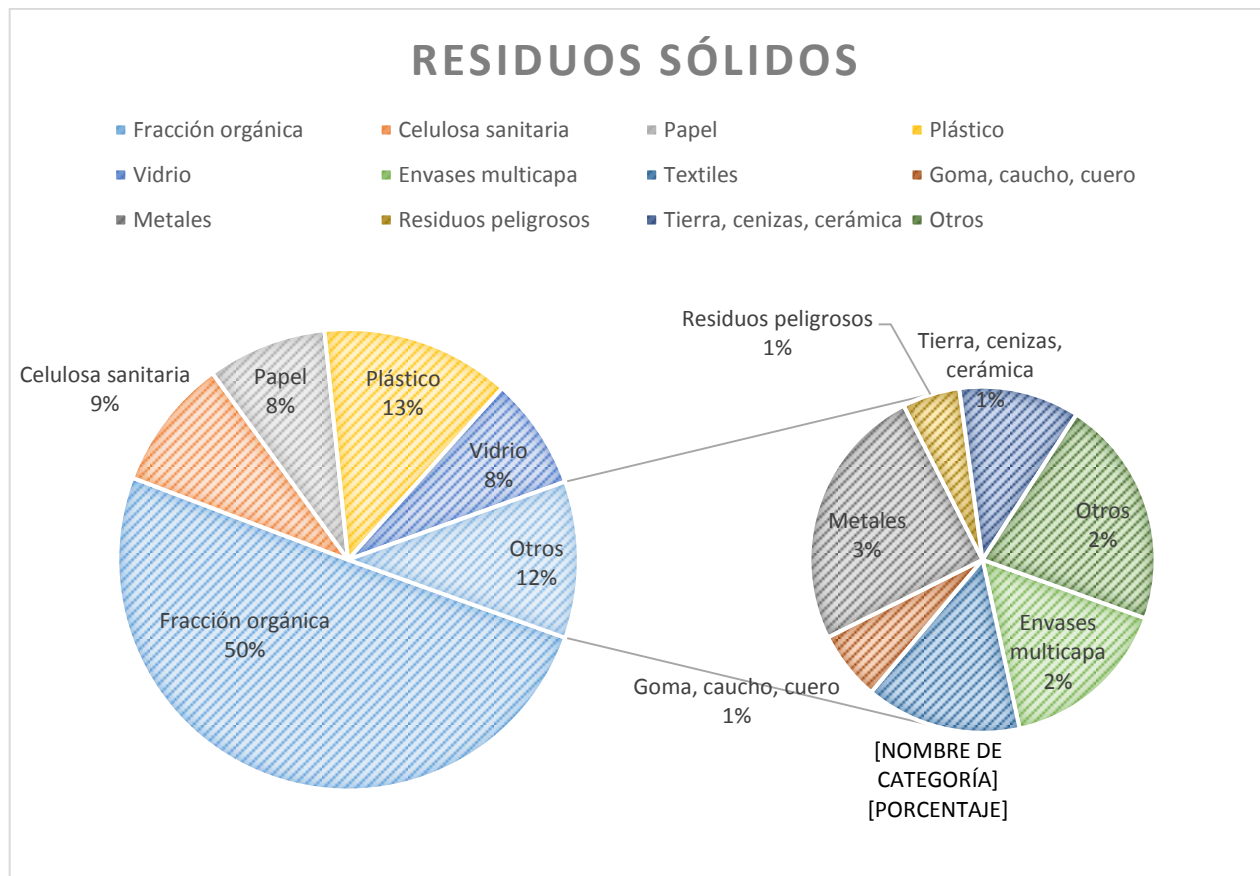
Categorías	Residuos
Fracción orgánica	Alimentos, Jardinería
Celulosa sanitaria	Pañales, Toallas sanitarias, Compresas de algodón
Papel	Periódico, Revistas, Hojas, Papel de envoltura de alimentos, Servilletas, Cajas de cartón
Plástico	PET (1), PEAD (2) o HDPEV, PVC (3) O V, PEBD (4) o LDPE, PP (5), PS (6), Envolturas, Bolsas, Desechables, Otros plásticos
Vidrio	Transparente, y de Color
Envases multicapa	Envases
Calzado	En general
Textiles	Retazos de telas y ropa
Goma, caucho, cuero	Guantes, Globos, Cuero, Residuos de neumáticos, Tubos
Metales	Ferrosos, No ferrosos, Papel de aluminio
Residuos peligrosos	Medicamentos, Pilas y Baterías
Tierra, cenizas, cerámica	Tierra, residuos de azulejo, y vajilla, Materiales de Construcción, Madera
Otros	Material eléctrico, material electrónico, productos multi-material

En la tabla 4, se muestra la distribución en porcentaje del peso de los subproductos por tipo de los RSU así como una estimación de la producción total de RSU en la ciudad de Chetumal. En este total no se incluye la basura generada por fuentes como hospitales, industrias y limpieza de áreas públicas. Sin embargo, la basura de origen doméstico y de centros comerciales representa la mayor proporción de basura que se genera en la ciudad.

Tabla 4. Composición Física de los RSU Generados

Categorías	Porcentaje	Cantidades (Kg/Sem.)
Fracción orgánica	50.290	208.595
Celulosa sanitaria	9.213	38.215
Papel	8.366	34.7
Plástico	13.280	55.082
Vidrio	7.864	32.62
Envases multicapa	1.765	7.32
Textiles	1.601	6.64
Goma, caucho, cuero	0.711	2.95
Metales	2.733	11.335
Residuos peligrosos	0.591	2.45
Tierra, cenizas, cerámica	1.240	5.145
Otros	2.346	9.73
Total	100.00	414.782

De las 414.782 kg que fueron separados a lo largo de los 7 días de muestreo en la ciudad de Chetumal, el 50 % pertenece a la fracción orgánica, 34 % a la fracción recuperable considerados como los plásticos, papel, vidrio, metales, envases multicapa, los cuales se podrían separar, y el 26 % son residuos que no pueden ser recuperados. Los resultados obtenidos muestran que la mayor generación de residuos es la fracción orgánica la cual está compuesta por residuos de alimenticios y de jardinería (Figura 1).



4. CONCLUSIONES

Existe una amplia gama de residuos sólidos urbanos, los cuales son depositados desde el origen sin una previa separación, lo cual complica el proceso de valorización; El estudio de caracterización realizado permitió identificar las cantidades y subproductos de residuos sólidos que actualmente se están generando en la ciudad de Chetumal, en el Municipio de Othón P. Blanco, no puede considerarse como un estudio valido para toda la población. Sin embargo puede apoyar la labor realizada en el relleno sanitario para coordinar de forma adecuada la separación de la misma a su llegada. Actualmente la población tiene una generación *per cápita* promedio de 0.47 kg. La fracción orgánica resulto ser la más representativa con el 50%, así mismo la fracción de materiales recuperables con un 34 % en la que se consideran los plásticos, papel, metales entre otros, por lo cual se tiene un potencial para la separación y con ello la valorización tanto energética para la generación de biogás y composta, o económica mediante la venta de los materiales recuperables. Conocer estas cifras puede ayudar a los responsables del área municipal a una mejor toma de decisiones, ya que actualmente el municipio está en desfase del sistema de recolección por lo que se está brindando un mal servicio.



AGRADECIMIENTOS

Para el profesor, el I.Q. José Luis Guevara Franco por compartir su experiencia y conocimientos para lograr realizar este trabajo. A los compañeros del curso por la motivación y ayuda brindada para la toma de muestras. A la Universidad de Quintana Roo por el apoyo brindado para poder llevar a cabo el proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Taype. G., 2006, “Caracterización de los residuos sólidos en Castilla Piura”, Perú, Universalia 11 (2)
- [2] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2007 “Política y estrategias para la prevención y gestión integral de los residuos en México”
- [3] INEGI. Boletín de prensa núm. 146/13 Chetumal Quintana Roo 10 de abril de 2013
- [4] <http://www.redisa.uji.es/artSim2011/CaracterizacionDeResiduosSolidos/Caracterizaci%C3%B3n%20de%20residuos%20s%C3%B3lidos%20domiciliarios%20en%20Quintana%20Roo.pdf>
- [5] SECOFI. *Norma Mexicana NMX-AA-015-1985*. Protección al Ambiente – Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales – Muestreo – Método de Cuarteo. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Diario Oficial de la Federación, México, 18 Marzo de 1985.
- [6] SECOFI. *Norma Mexicana NMX-AA-019-1985* Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo Residuos Sólidos Municipales-Peso Volumétrico “In Situ” Diario Oficial de la Federación, México, 8 de Agosto de 1985.
- [7] SECOFI. *Norma Mexicana NMX-AA-022-1985*. Protección al Ambiente – Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales – Selección y Cuantificación de Subproductos. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Diario Oficial de la Federación, México, 18 Marzo de 1985.
- [8] SECOFI. *Norma Mexicana NMX-AA-61-1985*. Protección al Ambiente – Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales – Determinación de la Generación. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Diario Oficial de la Federación, México, 8 de Agosto de 1985.
- [9] Saldaña C, Saldaña Duran, C. E. Et Al. 2013 “Caracterización Física de los Residuos Sólidos Urbanos y el Valor Agregado de los Materiales Recuperables en el Vertedero El Iztete, de Tepic-Nayarit, México” “Revista Internacional de Contaminación Ambiental” vol. 29, núm. 3, pp. 25-32
- [10] Ruiz Morales M., 2012 Caracterización de residuos sólidos en la universidad iberoamericana, ciudad de México, “Rev. Int. Contam. Ambie.” 28 (1) 93-97.
- [11] Garduño-Palomino K., Ojeda-Benítez S., Armijo De Vega C. 2012, “Caracterización de residuos sólidos generados por el sector comercial de Mexicali, B.C.” “Rev. Int. Contam. Ambie.” 28 Sup. (1) 19-25.
- [12] M.C. Rivera Flores J., M.S.C. Montiel Martínez M., M.S.C. Pérez López A., 2012, Caracterización de residuos sólidos urbanos en la ciudad de Teziutlán Puebla en Febrero del 2012.

[Indice](#)



Degradación de plásticos en condiciones de Intemperismo

¹Juan Carlos Alvarez Zeferino, ¹Alethia Vázquez Morillas, ¹Margarita Beltrán Villavicencio, ²María del Rosario Enríquez Rosado, ²María del Rocío Gutiérrez Ortiz

¹Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Azcapotzalco. Av. San Pablo 180 Col. Reynosa Tamaulipas. Delegación Azcapotzalco. Distrito Federal. México. C.P. 02220 Teléfono (+55) 53189000 (ext. 2196). jucaf@correo.azc.uam.mx

²Universidad del Mar campus Puerto Ángel.

RESUMEN

Los plásticos son materiales que se han vuelto indispensables en distintas aplicaciones de la vida, sin embargo, su alto consumo los convierte en uno de los residuos de mayor generación. Actualmente se han desarrollado nuevos materiales que buscan minimizar los impactos ambientales de la disposición, como los plásticos OXO-degradables y los biodegradables. En el presente estudio se evaluó la degradación de tres tipos de plástico: polietileno baja densidad (PEBD), polietileno baja densidad con aditivo OXO (OXO-PEBD) y un plástico biodegradable comercial (BIO), en términos del porcentaje de pérdida de elongación a la ruptura (%PER). Los plásticos fueron expuestos a cuatro diferentes ambientes: temperatura y humedad controlada, sin radiación solar (CE), intemperie con exposición directa a la radiación solar (TE), intemperie con exposición indirecta a la radiación solar (CG), intemperie sin exposición a la radiación solar (JR). Los resultados se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y posteriormente a una prueba múltiple de rangos (Método Tukey) ambos con un 95% de confiabilidad. El análisis de varianza multifactorial determinó que los factores tipo de plástico así como las condiciones de exposición tuvieron diferencias estadísticamente significativas. El plástico OXO-PEBD presentó el mayor valor medio global de %PER con 67.19%, posteriormente el BIO mostró un valor de 50.77% y por último el PEBD con 25.48%. La exposición directa a la radiación solar (TE) promovió la mayor degradación en todos los plásticos con un valor de media global del 88.84%, seguido de CG con el 57.67%, posteriormente siguió el JR con un 43.38% y por último la CE con 8.37%.

Palabras Clave: Biodegradables, Elongación a la ruptura, Fotodegradación, OXO-degradación.

1. INTRODUCCIÓN

Los plásticos han contribuido a cambios importantes en todo el mundo, ya que han llegado a remplazar a la madera, el papel, el vidrio, a diferentes metales y, en algunos casos, inclusive han competido con la cerámica [1]. El uso de plásticos en la actualidad es cada vez mayor, lo que sin lugar a dudas tiene repercusiones ambientales, ya que los plásticos son el componente de más rápido crecimiento en los residuos sólidos urbanos [2], tal como se muestra en la Figura 1. El aumento en la generación de residuos plásticos ha ocasionado que estos ocupen grandes espacios en los sitios de disposición, sin necesariamente, representar una proporción equivalente en peso. Esto, aunado a la industrialización, producción, y venta de toda clase de productos, muchas veces innecesarios, ha traído como consecuencia la contaminación ambiental derivada de la producción de residuos. La generación de residuos plásticos ha crecido de manera asombrosa en los últimos años, a diferencia de otros materiales, prueba de eso es que en el 2007 se reportó una generación de 2,223.00 miles de toneladas, y un año después una generación de 4094.10 miles de toneladas, es decir, casi el doble. El incremento de los residuos plásticos se debe en gran medida a que en ocasiones muchos productos plásticos son requeridos para ser utilizados para empaques y embalajes, lo que los convierte en productos perecederos, es decir su vida útil es muy corta (Figura 1).

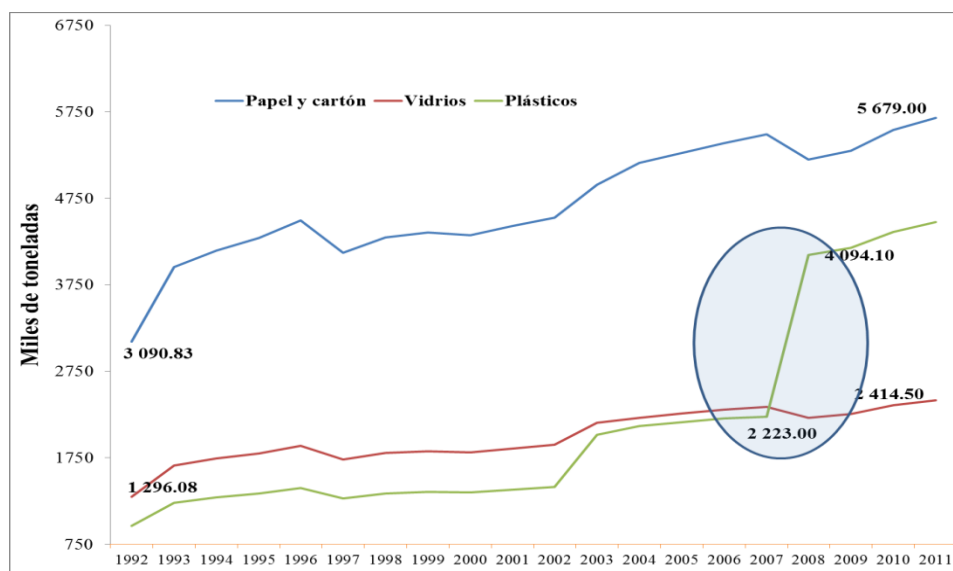


Figura 1. Tasa de generación de residuos sólidos urbanos. Elaborada a partir de datos obtenidos de SEMARNAT, 2013.

Una posible solución a las graves afectaciones originadas por los residuos plásticos es el uso de plásticos con un tiempo de permanencia menor en el ambiente, dentro de esta categoría se encuentran los denominados plásticos biodegradables y OXO-degradables. Los plásticos OXO-degradables, son materiales modificados de plásticos convencionales a los cuales se les agrega sustancias pro degradantes mejor conocidas como aditivos OXO, los cuales provocan su oxidación abiótica y bajo ciertas condiciones, pueden dar lugar a su biodegradación, los materiales OXO en su mayoría son fabricados de PE, PP, PS y PET, sin embargo, también pueden estar hechos de PVC [4, 5]. Por otra parte, existen plásticos diseñados específicamente para su biodegradación por medio del composteo. Uno de ellos es ECOVIO®, un plástico biodegradable, que contiene un 45% en peso de PLA (ácido poliláctico), el cual es obtenido de maíz, una materia prima renovable [6]. El objetivo del presente proyecto fue evaluar la degradación de un plástico convencional, uno OXO-degradable y un biodegradable en diferentes condiciones ambientales.

2. METODOLOGÍA

2.1 Ubicación de la experimentación

La experimentación se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad del Mar, campus Puerto Ángel, Oaxaca, México.

2.2 Preparación de las muestras

Se evaluaron tres tipos de plástico: polietileno baja densidad (PEBD), polietileno baja densidad con aditivo OXO (OXO-PEBD) y un plástico composteable comercial disponible en México (ECOVIO®) producido por la empresa BASF. Las primeras dos películas fueron fabricadas por la empresa AGUSA S.A. de C.V., las OXO-PEBD contienen un aditivo pro-oxidante d_2w . Las muestras se cortaron longitudinalmente en tiras de 1 cm de ancho X 15 cm largo siguiendo la misma dirección en los cortes (Figura 2).

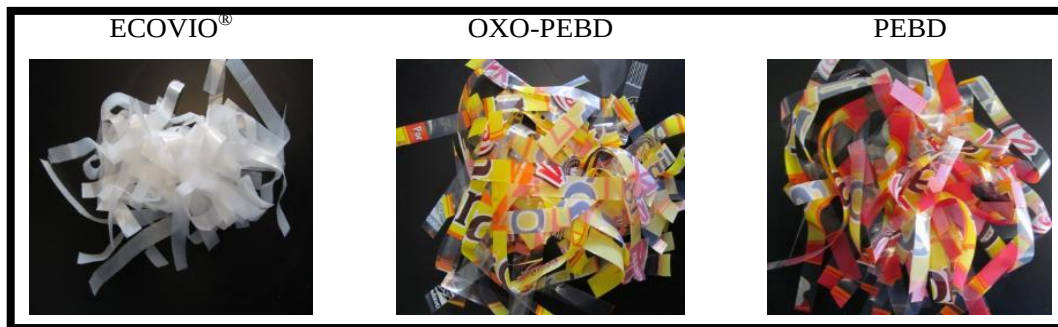


Figura 2. Preparación de las muestras

2.3 Unidades experimentales

Las muestras se colocaron en marcos contruidos de madera de 40 X 30 cm, posteriormente se cubrieron con malla de mosquitero para evitar que se perdieran. En cada unidad experimental se colocaron 8 muestras de cada tipo de plástico. Los marcos se colocaron en cuatro diferentes condiciones las cuales se muestran en la Tabla 1. Las muestras estuvieron expuestas durante 45 días.

Tabla 1. Nomenclatura de las condiciones ambientales a las que fueron sometidos los plásticos

Nomenclatura	Condiciones ambientales
CE	Sin radiación solar, temperatura y humedad controlada
TE	Intemperie con exposición directa a la radiación solar
CG	Intemperie con exposición indirecta a la radiación solar
JR	Intemperie sin exposición a la radiación solar

2.4 Pruebas de elongación a la ruptura

El porcentaje de pérdida de elongación a la ruptura se determinó antes y después de someter los plásticos a las condiciones ambientales, por medio del método ASTM-D882 [7] *Prueba de resistencia a la tracción para películas de plástico*, se utilizó una máquina universal de ensayos (Modelo LF Plus, Marca 2 Loyd Instruments). La distancia entre mordazas fue de 3 cm y la velocidad de extensión fue de 300mm/min, ambos parámetros se eligieron debido a que en ensayos previos presentaron las menores desviaciones estándar.

2.5 Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico mediante el software Statgraphics Centurion XVI, un ANOVA multifactorial método Tukey y posteriormente una prueba múltiple de rangos ambas con un 95% de confianza en donde se tomaron como factores: tipo de plástico con tres niveles (ECOVIOR, PEBD y OXO-PEBD), las condiciones de intemperismo con cuatro niveles (CE, TE, CG y JR) y la interacción de ambos factores.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 2 muestra el porcentaje de elongación a la ruptura para cada tipo de plástico, la línea punteada representa el valor inicial del % elongación a la ruptura (%ER) para cada tipo de plástico. El valor inicial para el PEBD fue de 283.04%, al final de la experimentación el valor más bajo se apreció en la condición TE con 85.88%, mientras que para

las tres condiciones restantes no hubo una disminución tan marcada con respecto al inicial y estuvieron en el intervalo 233.75-267%. Para el caso del OXO-PEBD se encontró que en tres condiciones JR, TE y CG los %ER presentaron una disminución significativa y los valores fueron menores al 71.5%, por otro lado la condición CE presentó una ligera disminución con respecto al control, pero no tan drástico como los mencionados anteriormente. El ECOVIO presentó disminuciones considerables en las condiciones CG y TE, siendo este último el que presentó un valor del 5.8%, para las dos condiciones restantes el valor de %ER no fueron significativos.

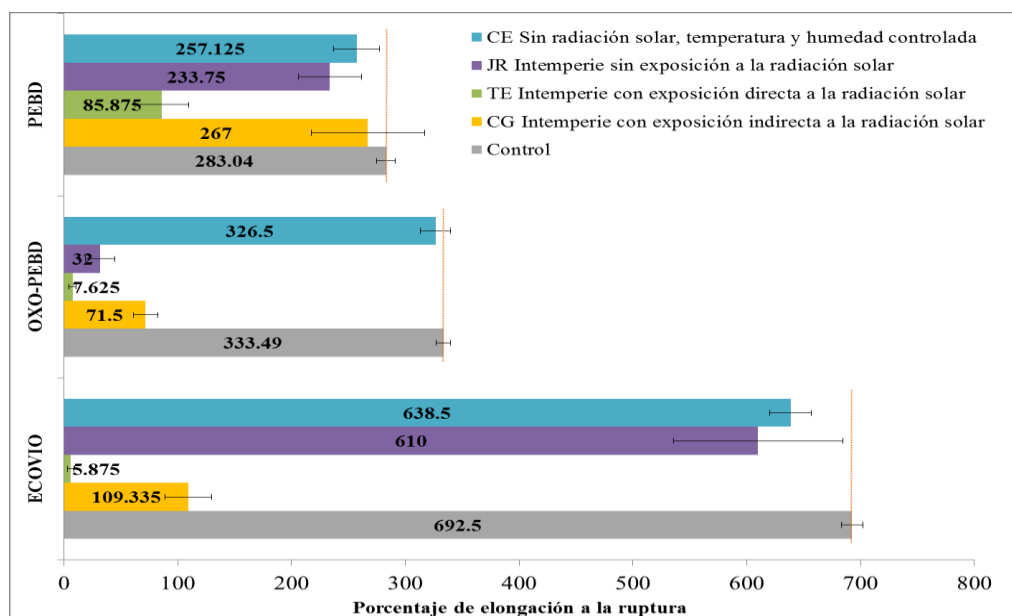


Figura 2. Porcentajes de elongación a la ruptura para cada tipo de plástico y condición ambiental

El porcentaje de pérdida de elongación a la ruptura se determinó según la ecuación 1, en donde se consideró el valor inicial y el final de las muestras.

$$\%PER = ((\% \text{ Elongación inicial} - \% \text{ Elongación final}) / \% \text{ Elongación inicial}) * 100 \quad (1)$$

En la Tabla 2 se muestra el análisis de varianza para los factores: tipo de plástico, condición de intemperismo y la interacción entre ambos, debido a que en todos los casos los valores P son menores a 0.05 se considera que todos los factores tienen diferencias estadísticamente significativas entre sí. Es decir los plásticos tienen una degradación diferenciada, así como la influencia que tiene cada condición de intemperismo sobre la degradación de los plásticos y la interacción entre ambos factores fue significativa.

Tabla 2. Análisis de varianza para porcentaje de pérdida de elongación a la ruptura con un nivel de confianza del 95%

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Intemperismo	79871.7	3	26623.9	179.73	0.0000
B: Plásticos	29548.7	2	14774.3	99.73	0.0000
INTERACCIONES					
AB	33482.6	6	5580.43	37.67	0.0000
RESIDUOS	12443.5	84	148.137		
TOTAL (CORREGIDO)	155346.	95			



La Tabla 3 prueba múltiple de rangos para el factor el tipo de plástico demostró que todos tienen un comportamiento claramente diferenciado, siendo el OXO-PEBD el que presentó la mayor degradación (en términos de %PER) con un valor medio de mínimos cuadrados (LS) del 67.19%, posteriormente le siguió el ECOVIO® con el 55.27%, el plástico convencional presentó el menor valor medio con 25.48%.

Tabla 3. Prueba múltiple de rangos.

Método Tukey HSD con un nivel de confianza del 95% para el tipo de plástico

Plásticos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
PEBD	32	25.4769	2.15158	X
ECOVIO®	32	55.2732	2.15158	X
OXO-PEBD	32	67.1935	2.15158	X

La condición de intemperismo que presentó la mayor degradación de los plásticos fue TE, en esta condición las muestras estuvieron expuestas al intemperismo con radiación solar directa con un valor medio LS del 88.86%, seguido de la condición de intemperismo con radiación solar indirecta (CG) con el 56.67% de %PER, la condición JR presentó un valor medio del 43.38% en donde se tenía la condición de intemperismo sin radiación solar, la condición que presentó el valor de %PER más bajo (8.37%) fue en donde se tenían las condiciones de temperatura y humedad controlada sin radiación solar (JR). Los valores observados indican que existe una tendencia con respecto a la radiación solar ya que aquellas que estuvieron más expuestas a ésta presentaron la mayor degradación con respecto a la condición que presentó el menor valor. En el caso de PEBD y OXO-PEBD sucede un mecanismo de fotodegradación, el cual implica la absorción de la radiación UV que permite la generación de radicales libres, posteriormente se lleva a cabo un proceso de auto-oxidación el cual permite una eventual fragmentación y desintegración de los plásticos [8].

Tabla 4. Prueba múltiple de rangos.

Método Tukey HSD con un nivel de confianza del 95% para la condición ambiental

Intemperismo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
CE	24	8.366	2.48	X
JR	24	43.38	2.48	X
CG	24	56.67	2.48	X
TE	24	88.84	2.48	X

4. CONCLUSIONES

Los tres plásticos evaluados presentaron degradación en términos de pérdida de propiedades mecánicas. El plástico OXO-PEBD presentó la mayor degradación, posteriormente en orden de degradación le siguió el ECOVIO® y por último el PEBD. En el caso de las cuatro condiciones ambientales evaluadas a las que fueron sometidos los plásticos se demostró que todas presentaron un comportamiento diferenciado, siendo aquellas que estuvieron más expuestas a la radiación solar las que presentaron mayor degradación. Es importante mencionar que el presente estudio evaluó solamente la degradación de los plásticos durante 45 días, de acuerdo a la tendencia de los resultados obtenidos probablemente si la duración de la experimentación hubiera sido mayor las muestras se fragmentarían y podría existir la posibilidad de que los fragmentos pudieran ser biodegradados por microorganismos.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Blanco, R. (1997). Plásticos. In C. Hernández-Fernández & S. González-Martínez (Eds.), Reciclaje de residuos sólidos municipales. México: UNAM. Programa Universitario de Medio Ambiente.
- [2] Jakubowicz, I., & Enebro, J. (2012). Effects of reprocessing of oxobiodegradable and non-degradable polyethylene on the durability of recycled materials. *Polymer Degradation and Stability*, 97, 316-321. doi: doi:10.1016/j.polymdegradstab.2011.12.011
- [3] SEMARNAT. (2013). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental. Edición 2012.
- [4] Thomas, N., Clarke, J., McLauchlin, A., & Patrick, S. (2010). EV0422: Assessing the Environmental Impacts of Oxo-degradable Plastics Across Their Life Cycle. Loughborough University, London: Department for Environment, Food and Rural Affairs.
- [5] Bioplastics, E. (2009). "Oxo-Biodegradable" Plastics. In E. B. e.V. (Ed.). 10117 Berlin: European Bioplastics e.V.
- [6] BASF. (2007). Competence in Plastics. In B. T. C. Company (Ed.), Information, Links and Downloads. Ludwigshafen, Germany: BASF Aktiengesellschaft Communication Plastics.
- [7] ASTM-D882. (2010). Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting D882 (Vol. D882). USA: ASTM International.
- [8] Ammalaa, A., Batemana, S., Deana, K., Petinakisa, E., Sangwana, P., Wonga, S., . . . Leongb, K. H. (2011). An overview of degradable and biodegradable polyolefins. *Progress in Polymer Science*, 36, 1015-1049. doi: doi:10.1016/j.progpolymsci.2010.12.002

[Indice](#)



Efecto del Acondicionamiento de Zeolitas Férricas en la Cinética de Remoción del Colorante Rojo 40

¹Ana Victoria Reyes, ¹Carmen Díaz-Nava, ¹Claudia Muro, ¹Rosa Elena Ortega

¹Instituto Tecnológico de Toluca, Metepec, Estado de México, México. Av. Tecnológico s/n. Fraccionamiento La Virgen Metepec, Edo. De México, México C.P. 52149 Tel. (52) (722) 2 08 72 00, cardinava.posgrado@gmail.com

RESUMEN

La presencia de colorantes en los cuerpos de agua es estéticamente indeseable y reduce la penetración de la radiación solar, afectando drásticamente tanto la fotosíntesis como la fotólisis de diferentes contaminantes, por lo tanto existe una disminución del oxígeno disuelto y contribuye a la eutroficación de los cuerpos de agua. La generación de efluentes que contienen estos colorantes constituyen uno de los mayores problemas de contaminación, ya que durante el proceso de teñido del 15 al 50 % del colorante utilizado se vierte a los efluentes. Actualmente se consumen 49.6 kTon en México, el 20% de los colorantes alimenticios son de la gamma de los rojos. El colorante rojo 40 es uno de los colorantes de más comunes para uso alimenticio.

En los últimos años se han reportado estudios de las zeolitas naturales y sus formas modificadas para la eliminación de aniones y compuestos orgánicos de los sistemas de agua, lo que ofrece grandes ventajas debido a su capacidad de adsorción, selectividad y bajo costo debido a su abundancia en la naturaleza. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto que tiene la preparación de zeolitas férricas a partir de dos sales férrica diferentes, en la cinética de remoción del colorante rojo 40 en soluciones acuosas en un sistema en lote. Los resultados indican que el contraión de la sal férrica empleada en el acondicionamiento de la zeolita influye de manera considerable en la capacidad y la velocidad de remoción del colorante con las zeolitas férricas.

Palabras Clave: Zeolita, Rojo 40, Sulfato Férrico, Cloruro Férrico, Adsorción.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente existe un creciente interés mundial por encontrar métodos eficientes para el tratamiento de los efluentes coloreados que provienen de la industria alimenticia, donde el objetivo principal es reducir los niveles de concentración de los colorantes debido a que la coloración en las aguas residuales es uno de los grandes problemas para el tratamiento de estas. La degradación de los colorantes es lenta y difícil puesto que los organismos presentes en los tratamientos convencionales no poseen mecanismos adecuados para realizar su descomposición rápidamente, lo que genera que se acumulen en el ecosistema. La presencia de colorantes en los cuerpos de agua es estéticamente indeseable y reduce la penetración de la radiación solar, afectando drásticamente tanto la fotosíntesis como la fotólisis de diferentes contaminantes, por lo tanto existe una disminución del oxígeno disuelto y la eutroficación de los cuerpos de agua [1].

La producción de colorantes se estima en 7×10^5 toneladas por año [2]. Actualmente, la variedad de colorantes comerciales sintéticos asciende a más de 100,000 y se sabe que durante el proceso de teñido de un 15 al 50% del colorante utilizado se vierte a los efluentes, específicamente el mercado de los colorantes alimenticios ha tenido un auge en los últimos años, el consumo global se estimó en 49.6 kTon en el 2012 y en los periodos del 2013-2018 crecerá un 3.8% [3]. En México el 20% de los colorantes alimenticios son la gamma de los rojos. Entre los colorantes los azoicos son de uso más extendido en las aplicaciones industriales aun cuando el Centro Nacional de Información Biotecnología de Avances Científicos y Salud que proveer acceso a la información biomédica y genómica de gobierno de los Estados Unidos Americanos (NCBI) informa que las concentraciones de los colorantes azoicos con un OH fenólico y dos grupos



sulfonatos se mantienen presentes durante todo el tratamiento de lodos activados y por lo tanto no se espera que sean biodegradables, ni que haya volatilización de su contenido en agua.

El colorante rojo 40 es uno de los colorantes azoicos certificados para uso alimenticio, utilizado para dar color a las gelatinas, pudines, natillas, bebidas alcohólicas y no alcohólicas, salsas, relleno, dulces, azúcares, glaseados, frutas, zumos, productos lácteos, productos de panadería, mermeladas, jaleas, condimentos, carne de puerco, res y aves de corral, también se utiliza para medicamentos y cosméticos, muy soluble en agua (22g / 100 mL), es estable en la mayoría de los medios ácidos

Existen varios métodos efectivos para la remoción de colorantes pero en comparación con otras técnicas, la adsorción es uno de los procesos más simples, económicos y eficaces, para eliminación de colorantes de aguas residuales [1]. En esta técnica se busca que los adsorbentes además de efectivos sean de bajo costo, con amplia disponibilidad y que sean amigables con el medio ambiente.

La zeolita es un material adsorbente que ofrece grandes ventajas debido a su capacidad de intercambio iónico, bajo costo, a su compatibilidad con el medio ambiente y a su abundancia en la naturaleza, de esta manera se utiliza para el diseño de estrategias en el tratamiento de estos efluentes [4]. En las décadas pasadas, la utilización de zeolitas naturales se ha centrado en la remoción de amonio y eliminación de metales pesados debido su naturaleza de intercambio iónico. En los últimos años se han reportado las zeolitas naturales y sus formas modificadas para la eliminación de aniones y compuestos orgánicos de los sistemas de agua [5]. Existen una gran variedad de zeolitas identificadas, entre ellas la clinoptilolita, está es la zeolita natural más abundante y utilizada [6]. Las propiedades adsorbentes de la clinoptilolita pueden mejorar si existe un acondicionamiento previo a la remoción del colorante.

El presente trabajo evalúa el efecto que tiene la preparación de zeolitas férricas a partir de dos sales férricas diferentes, en la cinética de remoción del colorante rojo 40 en soluciones acuosas en un sistema en lote.

2. METODOLOGÍA

2.1 Acondicionamiento del material zeolítico.

La zeolita tipo clinoptilolita procede del municipio de Parral, Chihuahua. La preparación de las muestras consistió en una reducción de tamaño de la roca zeolítica hasta obtener un diámetro promedio de grano de 0.595 mm (malla No. 30).

Para el acondicionamiento del material zeolítico se tomaron 100 g de la zeolita y se pusieron en contacto con 1000 mL de una solución de NaCl 0.5 N a reflujo durante 3h, en dos contactos consecutivos dejando enfriar la solución durante 2 h entre cada contacto, para tener un total de 6 h de reflujo, posteriormente se verificó la ausencia de cloruros mediante la adición de unas gotas de AgNO_3 al 1%, después se secó a temperatura ambiente y el material se identificó como zeolita sódica (Ze-Na). Para el acondicionamiento de las zeolitas férricas se utilizaron dos sales: A: cloruro férrico (FeCl_3) y B: sulfato férrico ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$). El acondicionamiento fue similar al empleado para obtener la zeolita sódica y se identificaron las muestras obtenidas como Ze-FeA y Ze-FeB.

2.3 Cinética de adsorción

La cinética de remoción de Rojo No. 40 grado alimenticio de la Marca Sensiet con Zeolita Natural y con Zeolita Férrica A o B (acondicionada con FeCl_3 y $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, respectivamente) se realizó poniendo en contacto muestras de 100 mg de Zeolita Natural o Zeolita Férrica A o B con 10 mL de solución de colorante rojo 40 a una concentración de 10 mg/L, en viales de vidrio. Se agitaron a diferentes tiempos de contacto entre las fases (15 y 30 minutos, 1, 3, 5, 8, 12, 18, 24, 36, 48, 60, 72, 84, 96 y 108 horas), a 120 rpm en un baño de agitación a 30°C, los experimentos se realizan por duplicado.



Una vez transcurrido el tiempo de contacto se separaron las fases; en la fase líquida se determinó la concentración del colorante, por medio de espectrofotometría UV/Vis y las muestras sólidas separadas se secaron a temperatura ambiente y se guardaron.

2.4 Análisis de resultados.

Después de poner en contacto la zeolita sin acondicionar y las dos zeolitas férricas se determinó en el sobrenadante la cantidad de colorante remanente y se calculó la cantidad de colorante adsorbido por gramo de zeolita con la siguiente ecuación (1):

$$q_t = \frac{(C_i - C_f)V}{m} \quad (1)$$

Donde: q_t = cantidad de mg colorante/g zeolita, C_i = concentración inicial en solución (mg/L), C_f = concentración final en solución (mg/L), V = Volumen (L), m = masa de zeolita (g)

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los experimentos realizados con el material zeolítico natural dieron como resultado que este material no remueve al colorante rojo 40.

En las tablas 1 y 2 se presentan los miligramos de colorante removido por gramo de zeolita férrica a los diferentes tiempos de contacto (q_t) que se obtuvieron en los experimentos de la cinética de adsorción empleando la zeolita acondicionada con FeCl_3 en contacto con soluciones de rojo 40 con una concentración inicial de 10 mg/L y 5 mg/L respectivamente. También se presentan los valores de pH obtenidos en los sobrenadantes después de las pruebas de contacto a los diferentes tiempos.

En la tabla 1, se observa que se alcanza una remoción de aproximada del 5 al 24% en un tiempo de 45 minutos a las primeras 12 horas de contacto. Después de 24 h se alcanza alrededor del 30 % de remoción. De las 24 a las 72 horas la remoción es del 40 al 50 % aproximadamente. Alcanzando como máximo porcentaje de adsorción 54.05 % a las 96 h. El tiempo el equilibrio se consideró de 100 h para ambas cinéticas.

Tabla 1. Miligramos de rojo 40 con concentración inicial de 10 mg/L removido por gramo de Zeolita acondicionada con FeCl_3

Tiempo (h)	Concentración de colorante en los sobrenadantes (mg/L)	% de remoción del colorante	q_t (mg rojo 40 / g Ze-FeA)	pH final
0.25	9.486 ± 0.04	5.145	0.0512 ± 0.004	6.61
0.5	9.476 ± 0.02	5.243	0.0523 ± 0.002	6.24
1	9.320 ± 0.02	6.800	0.0679 ± 0.001	5.52
3	8.857 ± 0.07	11.435	0.1138 ± 0.007	4.59
5	8.654 ± 0.04	13.462	0.1339 ± 0.003	4.42
8	8.140 ± 0.27	18.603	0.1845 ± 0.027	4.43
12	7.538 ± 0.10	24.621	0.2458 ± 0.010	4.17
18	7.456 ± 0.14	25.439	0.2538 ± 0.015	4.05
24	7.023 ± 0.39	29.767	0.2973 ± 0.038	3.83
36	6.277 ± 0.41	37.229	0.3717 ± 0.041	4.17
48	5.749 ± 0.15	42.514	0.4231 ± 0.017	4.22
60	5.494 ± 0.007	45.059	0.4496 ± 0.0005	4.29
72	4.745 ± 0.04	52.554	0.5227 ± 0.003	4.04
84	5.709 ± 0.73	42.912	0.4277 ± 0.074	4.07
96	4.594 ± 0.05	54.060	0.5403 ± 0.003	4.20
108	5.323 ± 0.47	46.770	0.4665 ± 0.045	4.22



En ambas cinéticas el pH presenta una tendencia hacia la acidez y alcanza un valor final de pH 4.0.

Tabla 2. Miligramos de rojo 40 con concentración inicial de 5 mg/L removido por gramo de Zeolita acondicionada con FeCl_3

Tiempo (h)	Concentración de colorante en los sobrenadantes (mg/L)	% de remoción del colorante	q_t (mg rojo 40 /g Ze-FeA)	pH final
0.25	4.4946 ± 0.047	53.762	0.0374 ± 0.004	6.40
0.5	4.2792 ± 0.048	54.032	0.0402 ± 0.004	5.76
1	4.25315 ± 0	55.054	0.0502 ± 0	5.14
3	3.7808 ± 0.111	57.208	0.0719 ± 0.010	4.56
5	3.534 ± 0.129	57.469	0.0746 ± 0.012	4.37
8	3.6759 ± 0.162	62.192	0.1217 ± 0.016	4.18
12	2.9428 ± 0.146	64.660	0.1465 ± 0.01	4.09
18	2.6169 ± 0.183	63.241	0.1324 ± 0.018	4.01
24	2.1261 ± 0.115	70.572	0.2050 ± 0.010	3.85
36	1.7718 ± 0.111	73.831	0.2357 ± 0.010	4.25
48	2.2961 ± 0.066	78.739	0.2864 ± 0.005	4.06
60	1.9715 ± 0.235	82.282	0.3217 ± 0.023	3.98
72	1.2139 ± 0.737	77.039	0.3215 ± 0	4.08
84	1.7367 ± 0.070	80.285	0.3005 ± 0.006	4.05
96	4.4946 ± 0.133	87.862	0.3770 ± 0.011	4.01
108	4.2792 ± 0.763	82.633	0.3259 ± 0.075	4.06

Como se puede notar en las tablas 3 y 4, los porcentajes de remoción del colorante para el caso de la zeolita acondicionada con $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ son menores que con la zeolita acondicionada con cloruro férrico, con la presencia de una disminución en la capacidad de la remoción del colorante con ambas zeolitas a las 108 h. Es notable que la capacidad de remoción se ve disminuida aproximadamente en un 50% cuando se utiliza el sulfato como contraión en el acondicionamiento de la zeolita férrica.

Tabla 3. Miligramos de rojo 40 con concentración inicial de 10 mg/L removido por gramo de Zeolita acondicionada con $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

Tiempo (h)	Concentración de colorante en los sobrenadantes (mg/L)	% de remoción del colorante	q_t (mg rojo 40 /g Ze-FeA)	pH final
0.25	9.8993 ± 0.036	1.007	0.0512 ± 0.005	6.65
0.5	9.9320 ± 0.025	0.679	0.0523 ± 0.003	6.45
1	9.9521 ± 0.013	0.479	0.0680 ± 0.002	5.93
3	9.7859 ± 0.066	2.141	0.1138 ± 0.007	5.00
5	9.7751 ± 0.112	2.249	0.1339 ± 0.004	4.61
8	9.7126 ± 0.076	2.874	0.1846 ± 0.027	4.30
12	9.4767 ± 0.033	5.233	0.2458 ± 0.010	4.04
18	9.2597 ± 0.190	7.403	0.2538 ± 0.015	3.90
24	9.0841 ± 0.199	9.159	0.2973 ± 0.039	3.63
36	8.7314 ± 0.646	12.686	0.3717 ± 0.042	4.10
48	8.7316 ± 0.033	12.684	0.4231 ± 0.017	3.90
60	8.2795 ± 0.120	17.205	0.4497 ± 0.001	3.68
72	7.7545 ± 0.135	22.455	0.5227 ± 0.003	3.58
84	7.9495 ± 0.103	20.505	0.4277 ± 0.075	3.54
96	7.8586 ± 0.071	21.414	0.5403 ± 0.003	3.60
108	8.4289 ± 0.323	15.711	0.4665 ± 0.046	3.71



Para el caso de la zeolita acondicionada con cloruro de hierro (III) y una concentración inicial de 5 mg/L de colorante se puede observar que la remoción del rojo 40 aumenta de manera constante dentro de las primeras 18 horas de contacto. Posteriormente la capacidad de remoción se incrementa a intervalos menores lo que indica que el proceso está próximo a alcanzar el equilibrio.

Tabla 4. Miligramos de rojo 40 con concentración inicial de 5 mg/L removido por gramo de Zeolita acondicionada con $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

Tiempo (h)	Concentración de colorante en los sobrenadantes (mg/L)	% de remoción del colorante	q_t (mg rojo 40 /g Ze-FeA)	pH final
0.25	4.4946 ± 0.047	51.373	0.0137 ± 0.002	6.68
0.5	4.2792 ± 0.048	51.274	0.0127 ± 0.001	6.29
1	4.25315 ± 0	51.442	0.0144 ± 0.001	6.15
3	3.7808 ± 0.111	51.914	0.0190 ± 0.004	5.44
5	3.534 ± 0.129	52.651	0.0265 ± 0.001	4.43
8	3.6759 ± 0.162	53.781	0.0377 ± 0.010	4.29
12	2.9428 ± 0.146	53.855	0.0385 ± 0.001	4.08
18	2.6169 ± 0.183	56.378	0.0637 ± 0.008	3.84
24	2.1261 ± 0.115	56.908	0.0688 ± 0.007	3.80
36	1.7718 ± 0.111	56.768	0.0674 ± 0.018	4.04
48	2.2961 ± 0.066	61.665	0.1161 ± 0.018	3.69
60	1.9715 ± 0.235	61.836	0.1193 ± 0.026	3.63
72	1.2139 ± 0.737	63.562	0.1353 ± 0.018	3.60
84	1.7367 ± 0.070	67.832	0.1775 ± 0.016	3.62
96	4.4946 ± 0.133	70.886	0.2081 ± 0.011	3.52
108	4.2792 ± 0.763	69.217	0.1918 ± 0.044	3.52

En la investigación de Salinas (2012) se observó que la zeolita férrica removió 0.726 mg de colorante amarillo 6 por g de zeolita a un pH inicial de 7.25 y un tiempo de contacto de 72 h. En la investigación de Hernández (2012) con una arcilla acondicionada con una sal férrica se obtuvo una remoción de colorante de 1 mg de azul 1 por g de arcilla a las 72 h de contacto, partiendo de una concentración inicial de 10 mg/L de solución de colorante para ambos trabajos. Torres (2005) estudió la remoción de rojo 40 con una zeolita acondicionada con HDTMA y encontró que a las 12h de contacto se alcanza una capacidad de 0.5735 mg de colorante por gramo de zeolita con una solución inicial de 5.5 mg/L de colorante.

4. CONCLUSIONES

La zeolita modificada con hierro favorece la remoción del colorante de soluciones acuosas. Sin embargo la capacidad de remoción del rojo 40 se ve disminuida en un 50% por el efecto que provoca el contraíón sulfato en la sal empleada durante el acondicionamiento de la zeolita férrica.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto Sabático. DGEST/ITToluca. Dictamen No. AS-2-056/2013



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Alver Erol., Metin., Aysegül U. 2012 Anionic dye removal from aqueous solutions using modified zeolite: Adsorption kinetics and isotherm studies. Chemical Engineering Journal 200–202, pp. 59–67
- [2] Allen S.J. y Koumanova B. 2005. Decolourisation of water/wastewater using adsorption (review). Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy. 40: pp.175-192.
- [3] Informativo producido y editado por ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias). 2012. Santiago de Chile. http://www.agrimundo.cl/wp-content/uploads/130426_reporte_alimentos_procesados_n51.pdf (Consultado el 7 de mayo 2014)
- [4] Alemán A., Hormaza A., and Álvarez M. 2012 Remoción de rojo básico de un efluente textil simulado : un caso de aplicación de la cascarilla de arroz, Producción + Limpia, vol. 6, no. 1, pp. 66–75
- [5] Wang S. y Peng Y. 2010. Natural zeolites as effective adsorbents in water and wastewater treatment. Chemical Engineering Journal 1156 pp.11–24
- [6] Akgül M. 2014. Enhancement of the anionic dye adsorption capacity of clinoptilolite by Fe^{+3} – grafting. Journal of Hazardous Material 267. p.p. 1-8.

[Índice](#)



. Caracterización Físico-Mecánica de un cartón reciclado formulado para aplicaciones en contenedores de plantas

¹J.G. Carrillo, ¹J.A. Caamal, ¹J.F. Koh, ¹M.C. Chan, ¹R.A. Gamboa

¹Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., C. 43, No. 130,

Chuburná de Hgo. C.P. 97200, Mérida, Yucatán, México. Tel. 999 9428330, Email: jgcb@cicy.mx.

RESUMEN

La necesidad de contar con productos y procesos más amigables con el medio ambiente ha motivado a estudiar la posibilidad de utilizar cartón reciclado como una alternativa al uso de contenedores de poliestireno espumado para plantas coníferas y latifoliadas, que en la actualidad se utilizan en viveros en todo el país. Para ello, se desarrolla un material celulósico que permite su biodegradación en un tiempo deseado, permitiendo el adecuado crecimiento de las raíces de la planta. En este desarrollo se contempla que al sustituir el contenedor de poliestireno por uno de cartón formulado aquí propuesto, se reducirán los procesos de entrega/colecta de los contenedores, ya que estos últimos serán biodegradables, sembrando la planta con todo y el contenedor que se biodegradará a tiempo, para permitir el sano crecimiento de la planta. Acá se formula una pulpa celulósica tipo Kraft con diferente fracción-peso de poliestireno y un disolvente natural cítrico, generando una película para el sellado superficial a diferentes niveles, consiguiendo diferentes grados de hidrofobicidad. Los resultados sugieren la factibilidad de poder controlar el tiempo de la biodegradabilidad del cartón con la resina formulada, observando una disminución proporcional de la absorción de agua con el aumento de las capas superficiales del polímero propuesto.

Palabras Clave: *Biodegradación, Caracterización de Residuos, Reciclado de Materiales.*

1. INTRODUCCIÓN

Existe un problema para que los viveros que trabajan con CONAFOR, puedan cumplir con la entrega de las plantas cumpliendo con los estándares de calidad establecidos; y es debido al alto costo de los insumos, especialmente en la adquisición de envase de polietileno y/o contenedores de poliestireno y tubetes plásticos para reposición en cada ciclo reproductivo, insumos que existen en el mercado nacional y cuyo costo unitario representa entre el 18% y 25% del monto de recurso convenido por planta. Por otra parte durante el proceso de entrega de la planta en el sistema tradicional con envase de polietileno, se presenta la problemática de contaminación en las zonas forestales por mal manejo y disposición inadecuada del plástico durante el proceso de reforestación; aun si se considerara un plástico biodegradable, su costo es mayor, siendo un foco contaminante mientras no se degrade.

En el caso del sistema de producción tecnificado, el problema se presenta para el viverista, al momento de entregar la planta; si ésta se desarrolló en contenedor de poliestireno o tubetes, la planta debe extraerse y empaquetarse en otro material plástico, lo que representa un costo adicional en mano de obra y costos de empaque para el vivero. Otra situación problemática se presenta durante la entrega final de la planta por el vivero, y es cuando por cuestiones prácticas o logísticas se entregan las plantas con los contenedores o tubetes en calidad de “Préstamo”; por lo general algunas contenedores o tubetes no se regresan o se devuelven dañados debido a un manejo descuidado durante el traslado y proceso de reforestación. Lo cual implica un costo adicional al vivero para reponer este insumo de alto costo. Por lo anterior, es imprescindible que los productores de planta, dispongan de insumos de bajo costo, ecológicos y de fácil



manejo y disposición, que no generen algún impacto ambiental negativo en el destino del producto que entregan para los programas de Reforestación Institucional y social en zonas urbanas.

Se estima que en México se producen 22 millones de toneladas de papel y cartón al año y que poco más del 80% viene de papel reciclado. El casi 20% restante se obtiene de árboles tanto nacionales como extranjeros, importándose la celulosa, materia prima para fabricar papel, en este último caso [1].

El presente trabajo se enfoca en la evaluación física de un nuevo material compuesto de cartón con una matriz a base de poliestireno expandido reciclado (EPSr) utilizando un disolvente denominado limoneno de limón (LL) que se obtiene comercialmente, proveniente de las cascadas del cítrico. Estudios preliminares de ensayos a tracción [2] reportan mejoras de resistencia conforme se aumenta el nivel de resina en el cartón tipo Kraft y ensayos de compresión de anillo de cartón evaluando las condiciones de ambientación [3] donde este ensayo permitió determinar el efecto de la temperatura y la humedad en las propiedades fractomecánicas de los papeles estudiados. Esto conlleva a evaluar estas formulaciones con ensayos de la absorción de agua [4] para determinar la posibilidad de poder controlar el grado de biodegradación del material afectado por el hinchamiento y consecuente biodegradación de la celulosa; estos ensayos fueron desarrollados bajo las especificaciones de las normas TAPPI. Se hace mención de la metodología empleada para la obtención de la matriz EPSr-LL, la aplicación de la matriz al cartón y la posterior prueba de absorción de agua. Los presentes resultados señalaron que la formulación con mejores propiedades mecánicas a tensión fue el cartón con aplicación de matriz al 79% limoneno con 21% del EPSr [2].

2. METODOLOGÍA

A continuación se describen los procedimientos que se llevaron a cabo para realizar el ensayo propuesto de absorción de agua para cartón con las aplicaciones de la matriz EPSr-LL.

2.1 Procedimiento para la obtención de cartón reciclado

La obtención de la fórmula de cartón se llevó a cabo por medio de dos consideraciones; la primera es la disponibilidad de los diferentes materiales celulósicos a ser reciclados y la segunda, sus propiedades y contribuciones mecánicas. Una fórmula típicamente empleada es con una combinación de cartón 60%, periódico 25% y bond 15%. Esta fórmula se utiliza aquí para la comprobación de características y mejora de propiedades en conjunto con el tratamiento superficial de resina para controlar su hidrofobicidad. La figura 1, muestra cuatro contenedores para los materiales más comunes y abundantes; papel bond, cartón, periódico y revistas, los cuales se dispersan por repulpeo para que posteriormente se pueda formar una nueva lámina de cartón. Estos se procesaron y evaluaron a tensión de donde se identificaron sus valores de resistencia por separado y ya en la fórmula final.



Figura 1. Clasificación y selección de materiales de diferentes fuentes.

2.2 Procedimiento de la obtención de la matriz EPSr-LL

Para la elaboración de la resina propuesta para el sellado de la superficie del cartón, se utiliza una fórmula de 27% en peso de poliestireno expandido en un disolvente de limoneno. Esta concentración fue identificada como la adecuada después de varios experimentos de viscosidad y aplicabilidad en el cartón. El poliestireno expandido utilizado aquí es un material prácticamente sin deterioro ni contaminante, recuperado de desechos utilizados previamente para embalaje de artículos electrónicos. Éste se troza manualmente para posteriormente ser disuelto en limoneno en un proceso de agitación continua de baja velocidad.

Una vez formulada la resina, ésta se aplica manualmente con ayuda de una brocha, con la cual se va distribuyendo de manera uniforme, sin repetir aplicación, para controlar el contenido final de resina en el cartón. El cartón barnizado se deja secar a temperatura ambiente por dos horas, y posteriormente se acelera el proceso de secado con ayuda de una estufa de convección forzada a 60 °C, por 24 horas. El pesado del cartón se controla antes de cada proceso para que al final se tenga identificado la fracción peso de la resina en el cartón. Este procedimiento aplica para 1, 2 y 3 capas de resina.

2.3 Procedimiento del ensayo de absorción de agua

El proceso del ensayo de absorción de agua consiste en cortar los especímenes de cartón para dicha prueba [4], pesando y pre-acondicionando las muestras cuadradas de 144 cm², durante 24 horas en un desecador [5] y elegir las muestras de acuerdo a las especificaciones de la norma T 400 sp-11 [6]. Los especímenes se prueban de acuerdo a las especificaciones de la norma TAPPI T 441 om-09, donde se especifica que la muestra debe estar cubierta bajo 1 cm de agua con un tiempo de ensayo de 2 minutos o 18 horas dependiendo de la capacidad del cartón en absorber agua; 2 minutos para el cartón desnudo y 18 horas para el cartón barnizado a 1, 2 y 3 capas [4]. De acuerdo al diámetro de dispositivo sellador ($\varnothing=10.15$ cm), el volumen específico del agua para este ensayo fue determinado a 80.9 cm³. Posterior al tiempo de mojado, la muestra se seca empleando un papel absorbente de 200 g/cm², con ayuda de un rodillo de acero de 10 kg a dos pasadas (ida y vuelta), para su pesado final a la brevedad posible en una balanza digital para identificar el porcentaje de absorción final (ver Figura 2).



Figura 2. Proceso usado para la prueba de absorción de agua según TAPPI 441 om-09.



3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos del ensayo de absorción de agua. El primer grupo, correspondiente a la formulación de cartón, se probó a 2 minutos de acuerdo a la norma, por ser un material hidrofílico (cartón sin recubrimiento), presentando un nivel de absorción de agua de alrededor del 9.3%. Adicionalmente, el cartón con una capa de resina se probó también a 2 minutos para hacer una comparación con el cartón, dando un valor de absorción de agua de alrededor del 1.6%. A una capa, igualmente se probó este mismo material a 18 horas como recomendación para materiales con recubrimiento, presentando un aumento de peso por absorción de agua del 42%. Igualmente se probaron los materiales tratados a dos y a tres capas de resina, observando una disminución en la absorción de agua de 21% y 2.6%, respectivamente, observando una repetibilidad mayor (menor error) en muestras con mayor número de capas como se observa en la Figura 3.

Tabla 1. Resultados del ensayo de absorción de agua.

Ensayo	Capacidad de absorción de agua de cartón	
Nombre	Absorción de agua (Valor Cobb)	Ganancia porcentual de peso
Unidad	g/m ² (D.E.)	% (D.E.)
Grupo 1 (cartón)	* (33.63 ± 3.07)	* (9.34 ± 0.93)
Grupo 2 (cartón-A1)	* (9.19 ± 4.30)	* (1.68 ± 0.83)
Grupo 2 (cartón-A1)	230.65 (47.01)	42.08 (7.76)
Grupo 3 (cartón-A2)	145.02 (32.25)	20.02 (4.55)
Grupo 4 (cartón-A3)	22.99 (7.80)	2.69 (0.97)

Los niveles de absorción de agua presentados posterior a 18 horas reportaron buenos resultados, donde a partir de la segunda y tercera capa, los resultados obtenidos se ven mejorados en aproximadamente 20% por aplicación; esto se debe a que la estructura del cartón, los niveles de porosidad o huecos entre fibras que existen en la estructura del cartón son saturadas con la resina mejorando la hidrofobicidad [7], donde la tercera capa tan solo absorbe 22.99 g de agua/m² (2.6%).

Estudios previos al ensayo de absorción de agua; como es el ensayo a tracción a dirección de fibra [8], ayudan a identificar posibles mejoras mecánicas en sus propiedades complementando los estudios presentes de hidrofobicidad. Resulta que desde la primera aplicación de la matriz las propiedades mecánicas del cartón a dirección de fibra se ven mejoradas con aplicaciones de la matriz; donde la primera aplicación presenta una resistencia a tensión promedio de 44.22% más, presentando una deformación de 11.02% en comparación con la referencia (cartón sin resina) [2]. Cabe resaltar que la primera aplicación fue la que mayor resistencia presentó en comparación con la segunda y tercera aplicación de resina en el cartón. De igual manera fue la que mejor módulo de rigidez presentó con un incremento de 55.95% en comparación con el cartón (sin resina), mientras que con la segunda aplicación de resina se obtuvo un 36.27% y con la tercera aplicación, un 24.25%, respectivamente [2].

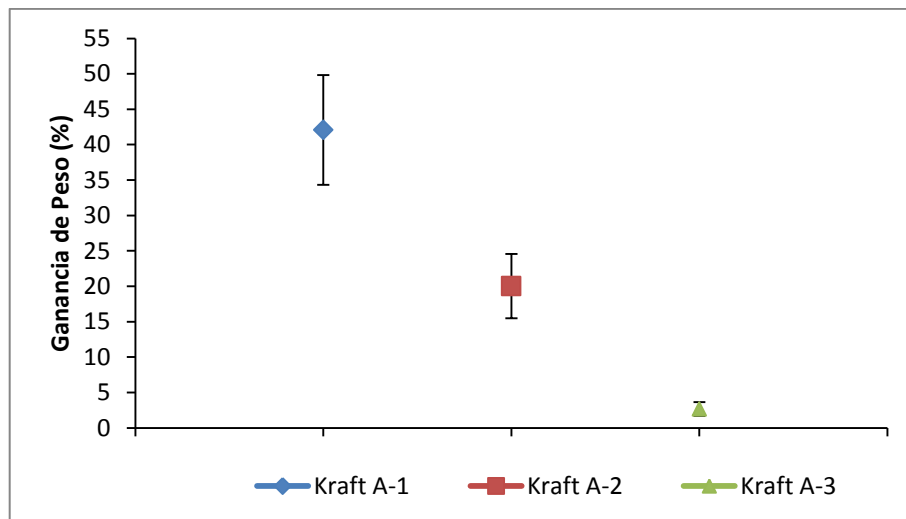


Figura 3. Resultado de absorción de agua para muestra de cartón a 1, 2 y 3 capas de resina.

Estos resultados de absorción de agua, complementario a las propiedades previamente evaluadas de resistencia a tracción y compresión, han arrojado una variedad de características que permitirán en determinado momento utilizar ciertas condiciones de diseño para obtener una característica correspondiente de biodegradación cuando se desee utilizar este material para contenedores de plantas, donde el contenedor se utilizaría para hacer crecer la planta durante un tiempo determinado, correspondiente a la velocidad particular de crecimiento de cada planta. La figura 4 muestra un ejemplo en la utilización de este cartón formulado con resina en sus dos etapas; crecimiento de planta en invernadero y sembrado de planta en suelo; con todo y contenedor formulado para biodegradarse, sin obstaculizar el correcto crecimiento de la planta.



Figura 4. Invernadero, a) vista frontal del invernadero experimental, b) sembrado en suelo.



4. CONCLUSIONES

Este trabajo presenta la aplicación de una resina novedosa a base de poliestireno expandido reciclado en un disolvente natural cítrico aplicado en un cartón formulado, donde se observó una buena compatibilidad resina/cartón en aplicaciones con brocha. Para una evaluación a dos minutos como recomienda la norma para cartones sin tratamiento, el material presentó una alta absorción de agua como era esperado, mientras que para los materiales con recubrimientos de 1 a 3 capas mostraron absorciones despreciables para este tiempo (2 minutos). Sin embargo en otra prueba recomendada por la norma para materiales con recubrimiento (a 18 horas), se pudo apreciar un nivel de absorción de agua en proporción a las capas que se les fue añadiendo al cartón, siendo la más hidrofóbica el material con 3 capas. La variación en hidrofobicidad respecto a las capas de resina aplicada, se estima que permitirá desarrollar materiales que se requieran biodegradar en un tiempo determinado, dependiendo de la cantidad de resina aplicada.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue desarrollado con apoyo de Proyecto CONAFOR-CONACYT 2012-C01 reg. 175578.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Bustos, D. 2009. (Consultado el 02 de Junio de 2014). <http://www.ciceana.org.mx/contenido.php?cont=398>.
- [2] Carrillo Baeza J.G., Caamal Canché J.A., Couoh Nah J.S., Gamboa Castellanos R.A., Cruz Estrada R.H. 2014. "Aprovechamiento de Nuevos Productos en Base a Poliestireno Expandido Recuperado". *Revista Colombiana de Materiales*. Volumen 5. pp. 15-20.
- [3] Carracedo M. I., Gárete B.. 2005. "Estudio de la Resistencia de Papeles Virgenes versus Reciclados Empleados en la Fabricación de Cartón Corrugado". *Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica*. Vol. 9 (No. 1) pp. 119-124.
- [4] Technical Association of the Pulp and Paper Industry [T.A.P.P.I.]. 2004. "Water Absorptiveness of Sized (non-bibulous) Paper, Paperboard, and Corrugated Fiberboard (cobb test)". Norma T 441 om-04.
- [5] Technical Association of the Pulp and Paper Industry [T.A.P.P.I.]. 2013. "Standard Conditioning and Testing Atmospheres for Paper, Boar, Pulp Handsheets, and Related Products". Norma T 402 sp-08.
- [6] Technical Association of the Pulp and Paper Industry [T.A.P.P.I.]. 2011. "Sampling and Accepting a Single Lot of Paper, Paperboard, Containerboard, or Related Product". Norma T 400 sp-11.
- [7] Turrado S. J., Meza C.P., Saucedo A. R., Reynoso M. L. y Sanjuan D. R.. 2006. "Estudios Sobre la Capacidad de Absorción de Agua (Hidratación) de Fibras Recicladas Kraft Nacional (A) e Importadas (B)". *IV Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel*. pp. 23-27.
- [8] Technical Assocation of the Pulp and Paper Industry [T.A.P.P.I.]. 2006. "Tensile Properties of Paper and Paperboard (Using Constant Rate of Elongation Apparatus)". Norma T 494 om-06.

[Indice](#)



Caracterización y análisis de los residuos sólidos generados en el Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Constitución (ITSCC) para implementar un Plan de Manejo Integral

¹Mayra Araceli Chavira Niño, ¹Adalberto de la Toba Espinoza, ¹Magdalena Patricia Méndez Ramírez, ¹Francisca Elizabeth Castillo Rodríguez, ¹Yahel Flores Verdugo.

¹ Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Constitución, Calle Profr. Marcelo Ruiz S/N entre Márquez de León y Pablo L. Martínez, Colonia Cuatro de Marzo, C.P. 23670, Ciudad Constitución, Baja California Sur. (613)1325357.
Correo de contacto: mchavira@itscc.edu.mx.

RESUMEN

El Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Constitución es la máxima casa de estudios de la entidad y está en proceso de certificación en la norma ISO 14001. Se determinó que un aspecto ambiental significativo es la generación de residuos, que no existe un control y todos son vertidos al tiradero municipal y no hay un uso eficiente de los residuos potencialmente reusables o reciclables. El objetivo es cuantificar y caracterizar los residuos generados en la Institución para implementar un Plan de Manejo Integral; con una prueba piloto se determinó la metodología a aplicar basándose en las normas: NOM-AA-15 1985 y NOM-AA-22 1985. El estudio se realizó del 18 de noviembre al 18 de diciembre de 2013, involucrándose a la comunidad tecnológica para sensibilizarlos sobre la disposición adecuada de los residuos y los efectos negativos sobre el ambiente al no realizar un manejo adecuado de estos. Se analizaron el total de residuos generados en el Instituto y además por edificio. De los 720.78 kg, los residuos que presentaron mayor porcentaje por peso en el Instituto fueron los residuos de alimentos (26%), papel sanitario (12%), papel de oficina (12%), Residuos de jardinería (8%), PET (6%), polipropileno (4%) y conitos para agua (3%). Por edificio presentan una tendencia similar en lo que respecta a la presencia variando los porcentajes de peso por cada uno. Derivado de estos resultados se está elaborando un plan de manejo integral de residuos en el Instituto y lograr con ello la reducción de basura destinada al tiradero municipal.

Palabras Clave: Basura, Contaminación, Educación Ambiental, ISO 14001, Medio ambiente, Residuos.

1. INTRODUCCIÓN

En la agenda 21 se hace mención a la sostenibilidad ambiental, la cual implica el mantenimiento de la biodiversidad y la salud humana, el cómo se debe contar con una óptima calidad del aire, el agua y el sueño para mantener la vida en general y el bienestar futuro de todos ellos. Por esto la Agenda 21 ha planteado actuaciones prioritarias que se han estipulado en siete apartados, siendo el sexto apartado el que hace referencia al concepto de un mundo limpio, el cual debe tratar de mejorar la gestión de los productos químicos y los residuos, buscando que los residuos se utilicen como materia prima para cerrar sistemas abiertos y producir en la menor medida elevadas cantidades de éstos [1] [2]. En México existe el programa Agenda para el Desarrollo Municipal, el cual busca que los municipios implementen acciones para superar rezagos [3]. Con respecto a lo anterior en la Ley General Del Equilibrio Ecológico y La Protección Al Ambiente (LEGEEPA) se hace mención que es necesario prevenir y reducir la generación de residuos sólidos ya sean municipales, buscando incorporar técnicas y procedimientos para su reúso y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final de una manera eficiente [4].

El manejo de los residuos sólidos es considerado uno de los problemas ambientales más críticos a los que se enfrenta los gobiernos de los países en desarrollo, y la variada composición de los residuos así como la abundancia en la generación



de éstos, ha sido razón de que en ocasiones las ciudades carezcan de tecnologías y el manejo apropiado de los residuos [5]. Según Carrillo-Mainé [6], en México, la forma más común de gestionar los residuos es la disposición en vertederos sin que se tome en cuenta las características de cada residuo. A partir de 1984 se empezaron a establecer en el país las Normas Mexicanas aplicables a los residuos sólidos, como por ejemplo la NMX-AA-16-1984 Determinación de la humedad en los residuos sólidos municipales, la NMX-AA-015-1985 Método del Cuarteo [7], la NMX-AA-022-1985 Selección y cuantificación de subproductos [8] y la NMX AA-91-1987 Calidad del Suelo y Terminología, entre otras.

Desde el 2008 el Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Constitución (ITSCC) ha estado en proceso de certificación en la norma ISO 14001, en dicha norma como uno de sus requisitos para implementación, se ha llevado a cabo una identificación de aspectos ambientales, en donde la generación de residuos es uno de los que se deben atender de manera prioritaria. Una línea de acción del Plan Nacional de Desarrollo 2013 – 2018 es: Lograr un manejo integral de residuos sólidos, de manejo especial y peligrosos, que incluya el aprovechamiento de los materiales que resulten y minimice los riesgos a la población y al medio ambiente, así como el Programa Sectorial de Educación 2013 – 2018 se alinea a su vez con la estrategia: Impulsar el desarrollo de las vocaciones y capacidades científicas, tecnológicas y de innovación locales, para fortalecer el desarrollo regional sustentable e incluyente; compromete al Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica a proporcionar un Servicio Educativo no solo de Calidad que mejore continuamente sus procesos, sino que converja con una educación basada en el desarrollo sostenible, el uso equilibrado de los recursos naturales y una conciencia ambiental, por esta razón se planteó este proyecto, cuyo objetivo es caracterizar y cuantificar los residuos sólidos generados en el ITSCC y en el que se involucró a estudiantes, maestros y personal técnico y de apoyo para sensibilizar y capacitar sobre el tipo de residuos que se generan en la institución, la importancia de realizar una correcta separación y el potencial aprovechamiento que se puede hacer con éstos, con el fin de definir e implementar un Plan de Manejo Integral de Residuos acorde a las necesidades de la Institución contribuyendo así a mejorar nuestro entorno.

2. METODOLOGÍA

Para la sensibilización y concienciación de la comunidad tecnológica se formó un comité ambiental por estudiantes y personal de la institución. Una de las estrategias fue que los alumnos fueran los responsables de realizar las pláticas de sensibilización con sus compañeros, con la finalidad de compartir un ambiente de confianza y un lenguaje en común.

Para determinar la generación de residuos sólidos municipales, en la Norma Mexicana NMX-AA-061-1985, se especifica el uso del método del cuarteo, donde se indica que la mínima cantidad con la que se trabaja son 50 Kg. de residuos sólidos que posteriormente son separados y pesados según el formulario propuesto en la NMX-AA-022-1985. Se realizó un estudio piloto en donde se determinó si el método de cuarteo era el adecuado para desarrollarse en este proyecto, porque se realizó la identificación de los tipos de residuos y se cuantificaron por edificios.

Derivado de la prueba piloto se aplicó una metodología alternativa “no selectiva” (todo en la misma bolsa a excepción del papel sanitario), se usaron bolsas exclusivamente para papel sanitario, porque se facilitaba en esa área, además de buscar minimizar el riesgo a exposiciones a los alumnos, al realizar la separación de residuos. El acopio, separación y análisis de los residuos se realizaron diariamente durante un periodo de 30 días comprendidos del 18 de noviembre al 18 de diciembre de 2013, se usaron los materiales estipulados en las normas. Se analizaron todos los residuos generados en cuatro edificios de la Institución: Edificio A, Edificio B, Edificio C y Edificio E. Se llevó a cabo la identificación del total de los residuos y con base a la NMX-AA-022-1985 se registró el peso total de cada uno.

Los datos recopilados se capturaron en una base de datos y se determinaron porcentajes de residuos por edificio y porcentajes totales del Instituto.





Tabla 1. Caracterización y cuantificación en porcentajes de los residuos por edificios en el ITSCC
(Continuación)

TIPO DE RESIDUO	Edificio A	Edificio B	Edificio C	Edificio E
Otros	3%	6%	3%	8%
Polipropileno	4%	7%	3%	4%
Conitos	5%	4%	1%	7%
Vidrio	2%	3%	4%	2%
PEAD	3%	4%	2%	2%
Plástico Metalizado	2%	3%	2%	2%
Poliestireno	2%	1%	2%	4%
Aluminio	2%	2%	1%	3%
Material Ferroso	0%	1%	4%	0%
Cartón	1%	1%	3%	1%
Tetrapack	2%	2%	1%	2%
bolsas de plástico	1%	2%	2%	1%
Papel	1%	2%	1%	4%
Servilleta	1%	2%	1%	2%
Residuo Peligroso	0%	2%	2%	1%
Latas	0%	2%	1%	2%
Papel Encerado	0%	1%	0%	0%
Trapo	0%	1%	0%	0%
PVC	0%	0%	0%	0%
Látex	0%	0%	0%	0%
Biológico Infeccioso	0%	0%	0%	0%

El edificio B es el Centro de Información, sala de maestros, centro de cómputo y cubículos, en esta área se generan residuos como papel de oficina, papel sanitario y residuos de alimento. En el caso del edificio C, se observa un alto porcentaje de residuos de alimentos debido a que se encuentran las cocinas de las carreras de Gastronomía, es de suma importancia que se realice una estrategia para no enviar al tiradero, porque como se sabe, los residuos orgánicos (comida) al mezclarse con otros residuos, además de generar basura, al ser destinado al tiradero municipal puede generar gases y representar a su vez, un serio problema de salud.

El edificio E está destinado principalmente a Aulas y laboratorio de cómputo, y se observan los mismos residuos en mayor porcentaje similar que en los otros edificios. Algo importante que cabe resaltar (aunque en los porcentajes a simple vista pudieran parecer bajos) fue la generación de “conitos” para beber agua, debido a que diario se contabilizaban aproximadamente 1 kilo, y este tipo de residuos no son siquiera reciclables, por lo que se tomará la medida de eliminar su uso en el Instituto.



También en la tabla 1, se muestra que el residuo denominado “otros” tiene un valor alto en cuanto a porcentajes generados, pero estos resultados no serán considerados para la elaboración del plan de manejo integral de residuos, debido a que por su composición estos tipos de residuos no pudieron ser clasificados.

4. CONCLUSIONES

La cantidad de residuos generados en el ITSCC no permite aplicar la NMX-AA-015-1985 “método del cuarteo”, por la cantidad de residuos generados.

Se sensibilizó a la totalidad de los grupos de las diferentes carreras del Instituto.

Derivado de este estudio y la determinación de las cantidades de residuos de PET que se generan en el ITSCC, a éstos se les aplica un manejo por parte de alumnos del Instituto, quienes elaboraron contenedores especiales para su recolecta y la ganancia económica de estos recipientes se destinan a una fundación de niños con cáncer.

Existen residuos que resultan prioritarios darles un tratamiento para reducir los porcentajes que son destinados al tiradero municipal.

Se puede realizar un programa de separación y clasificación de residuos en instituciones de educación.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todo el personal participante directa e indirectamente en las actividades de recolección y separación de los Residuos Sólidos Urbanos, al personal administrativo, técnico y manual, directivos y profesores del Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Constitución, a todos los alumnos que forman parte del comité ambiental, así como a los que hacen las actividades de separación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Flores Marbán, R. 2006. (21 de julio de 2013) La Agenda 21 impulsora del desarrollo sostenible y de la protección del medio ambiente en Europa y España. Boletín Económico del ICE. http://www.revistasice.com/CachePDF/BICE_2899_31-46__8E1D85309A45454E09932F953D53CF8E.pdf
- [2] Instituto Nacional de Ecología, 1999. (21 de julio de 2013). Minimización y Manejo Ambiental de los Residuos Sólidos. México: INE. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/download/133.pdf>
- [3] SEGOB, 2014. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. (02 de febrero de 2014)
- [4] Ley General Del Equilibrio Ecológico y La Protección Al Ambiente. 2014. (03 de febrero de 2014). <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148.pdf>
- [5] Moharamnejad N. 2011. Evaluating the quantity and composition of solid waste generated in Kashan during 2009-10. Feyz, 15(3): 274-9.
- [6] Carrillo-Mainé, N. 2007. (21 de julio de 2013). Análisis de los residuos sólidos generados en áreas administrativas, académicas, bibliotecas y cómputos, de Ciudad Universitaria en la UMSNH, Michoacán, México. <http://www.recercat.cat/bitstream/handle/2072/5324/PFCCarrillo.pdf?sequence=5>
- [7] Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 1985. Protección al ambiente-contaminación del suelo-residuos sólidos municipales-muestreo-método de cuarteo. NMX-AA-015-1985. México: Dirección General de Normas.
- [8] Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 1985. Protección al ambiente-contaminación del suelo-residuos sólidos municipales- selección y cuantificación de subproductos. NMX-AA-022-1985. México: Dirección General de Normas.

[Índice](#)



Caracterización de Residuos Agroindustriales

¹Heriberto Hernández Cocoltzi, ²Efraín Rubio Rosas, ³Flor de Liz Guerrero Sanders, ³Nahara E. Ayala Sánchez, ¹Eva Águila Almanza

¹ Facultad de Ingeniería Química, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Av. San Claudio y 18 sur S/N edificio 106H CU San Manuel 72570 Puebla México. Teléfono: (222) 2295500 ext. 7253. E-mail: heribert@ifuap.buap.mx

²Centro Universitario de Vinculación y Transferencia de Tecnología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Prol. 24 sur S/N CU San Manuel 72570 Puebla México.

³Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada Baja California México.

RESUMEN

Hoy en día los residuos sólidos originados en las diversas actividades del ser humano conllevan a la generación de una gran cantidad de problemas de contaminación. Si bien es cierto que existen formas de reutilizar/reciclar muchos de ellos; en particular, los residuos agroindustriales han sido poco utilizados. La mitigación de cualquier residuo es una solución ideal, que bien puede ser mediante su utilización en la elaboración de nuevos materiales o como biomasa viva. Para ello se requiere de una caracterización lo más completa posible. Es por ello que en el presente trabajo se reporta la caracterización de residuos agroindustriales como cascarilla de algodón, bagazo de yuca y poda de vid. Las técnicas de caracterización que se emplearon son: espectroscopía de infrarrojo, difracción de rayos X y microscopía electrónica de barrido. Los tres residuos contienen celulosa con fibras microscópicas porosas con la cristalinidad característica.

Palabras Clave: Celulosa, Contaminación, Mitigación.

1. INTRODUCCIÓN

Una problemática muy importante a nivel mundial es la falta de alimento o desnutrición que aqueja a más de 870 millones de personas en el mundo [1], por lo que es imprescindible generar una mayor cantidad de alimentos. Otra problemática mundial, discrepante con la anterior es el alto índice de obesidad, al respecto, nuestro país ocupa el primer lugar en esta problemática que está afectando de manera directa a todos las edades de la población con especial incidencia en los niños, dicho lo cual, se requiere entonces no solo de la generación de alimentos, sino de alimentos nutraceuticos, que alimenten y fortalezcan la salud en general. Los hongos comestibles parecen ser una alternativa viable en este sentido, particularmente especies como la gírgola (*Pleurotus ostreatus*); Hongo rey (*P. eryngii*) y Shiitake (*Lentinula edodes*). Al respecto, habría que indicar que en su proceso de producción requieren como sustrato de residuos agroindustriales ricos en lignina y celulosa. De ahí, la importancia de caracterizar con precisión distintos materiales actualmente no utilizados o subutilizados que pudieran servir para la producción de alimento de alta calidad. Por lo anteriormente expuesto, se han estado explorando distintos residuos agroindustriales, contemplando su abundancia, accesibilidad y actual disposición final. Basados en estos referentes se ha seleccionado a: la cascarilla de algodón (*Gossypium herbaceum*); podas de vid (*Vitis vinífera*) y yuca (*Yucca schidigera*), entre otros para determinar la posibilidad de su utilización para la producción de hongos comestibles. Por lo que esta línea de investigación, demanda de la caracterización completa de los sustratos que pueda sustentar esta aplicación.

2. METODOLOGÍA

2.1 Origen y preparación de las muestras

Los residuos agroindustriales proceden del estado de Baja California: las podas de vid son originarias del valle de



Guadalupe y se recolectaron en el mes de julio; fueron secadas al sol, cribadas con malla de albañilería en fracción fina (aserrín y grano chico) y gruesa (astilla y grano grande), posteriormente se trituraron en una licuadora convencional y finalmente se pulverizaron en un mortero. La cascarilla de algodón procede del valle de Mexicali y fue obtenida en febrero, se deshidrató y posteriormente se trituró en una licuadora y finalmente pulverizada en un mortero. El bagazo de yuca es originario del valle de la trinidad, este material fue exprimido en fresco, secado al sol durante varios meses y posteriormente molido hasta la fracción fina (aserrín).

2.2. Preparación del material compuesto

La caracterización mediante espectroscopía de infrarrojo se realizó en un espectrofotómetro marca BRUKER modelo VERTEX70 con transformada de Fourier. Se realizaron 8 escaneos a un paso de 4 cm^{-1} en la región del IR medio. Los detalles microscópicos se obtuvieron con un microscopio electrónico de barrido marca JEOL modelo JSM-6610LV. La cristalinidad se analizó con un difractómetro de rayos X marca BRUKER modelo D8DISCOVER que opera con una potencia de 40 Kv a un paso de 43.2 segundos a una temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Las muestras se analizaron en un intervalo en 2θ de 5° - 70° utilizando 0.5 g.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Espectroscopía de infrarrojo

La Figura 1 muestra el espectro de infrarrojo de cada una de las muestras estudiadas. La banda característica de estiramiento de los grupos OH se observa en la región de los 3300 cm^{-1} característico de la celulosa y la hemicelulosa [2]; en 3335 cm^{-1} para el algodón y la yuca y en 3286 cm^{-1} para la vid. Grupos adicionales OH son hallados en 1332 cm^{-1} para el algodón y 1315 cm^{-1} para la yuca y la vid. Las bandas en 2918 (asimétrica), 2851 (simétrica), 1424 y 1315 cm^{-1} son asociadas a vibraciones de los enlaces C-H₂ [3]; existe un pequeño desplazamiento hacia números de onda mayores (1332 cm^{-1}) en la última banda del algodón. Alrededor de 1360 y 1280 cm^{-1} se observan las bandas correspondientes al grupo C-H y en 1635 cm^{-1} el agua ocluida, con un pequeño corrimiento hacia números de onda menores en algodón y yuca [4]. Las bandas complementarias corresponden a los enlaces C-C (1238 cm^{-1}), C-O-C (1160 , 780 , 668 cm^{-1}), C-O (1070 y 1030 cm^{-1}) y C₁-H (896 cm^{-1}) [5]. Los corrimientos observados en las bandas de absorción están asociados a una estructura diferente en la celulosa, el residuo de algodón contiene celulosa alfa, el de vid celulosa beta y el de yuca contiene ambas.

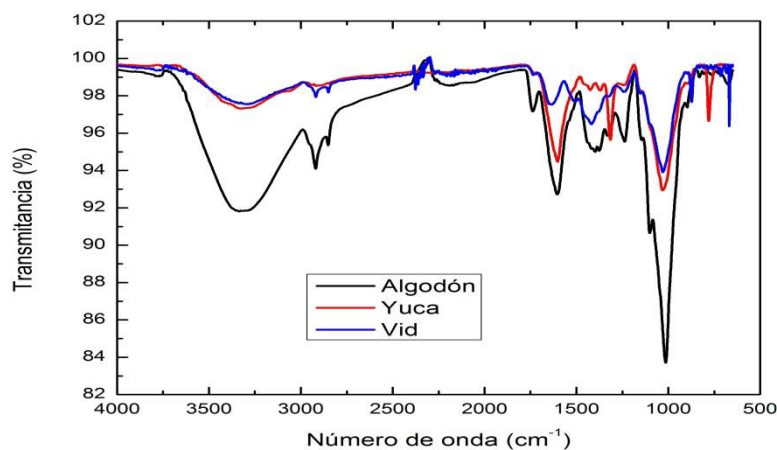


Figura 1. Espectros de infrarrojo de los residuos estudiados.

3.2. Microscopía electrónica de barrido

La Figura 2 contiene micrografías de algodón. Se observa la superficie rugosa (2a), como compuesta por pequeños hilillos. Un acercamiento confirma claramente las fibrillas, casi paralelas y algunas entretejidas (2b), características que componen a la celulosa con un diámetro bastante uniforme. La Figura 3 contiene imágenes de partículas de yuca. La fibra está compuesta a su vez por pequeñas fibrillas un tanto diferentes que en el caso de las fibras de algodón, se nota también una cierta porosidad (Figura 3a)). En la Figura 3b) se observan poros aproximadamente circulares con diámetro de 5 μm . Las microfibras ya no están bien definidas como en el caso del algodón. Finalmente, en la Figura 4 se muestra las partículas de vid. Se ven compuestas por laminillas tipo hojuela generando una porosidad asemejando un panal de abejas (4a)). Internamente se notan algunas fibras no tan finas como en el algodón, además de huecos parecidos a los de la yuca.

3.3. Difracción de rayos X

En la Figura 5 se muestran los difractogramas de cada una de las fibras estudiadas. El algodón presenta reflexiones en 14.3, 16.8 y 21.8°, características de la celulosa alfa, de acuerdo con la ficha pdf 00-056-1718; la estructura cristalina correspondiente es triclinica. La vid presenta señales en 16.8 y 23°, esta última es característica de la celulosa beta con estructura cristalina monoclinica. Esta diferente estructura cristalina en las fibras explica el corrimiento en las bandas de absorción hallados en los espectros de infrarrojo, en los que se propuso tal hecho. Finalmente, en la yuca se hallan reflexiones a estos mismos ángulos, es decir, esta fibra contiene celulosa tanto alfa como beta. Señales adicionales en 15, 30, 36, 40 y 49° aparecen en la yuca, representativas del almidón con estructura cristalina monoclinica; la yuca, además de celulosa, contiene almidón con alto grado de cristalinidad indicado por las señales bien definidas en los ángulos mencionados.

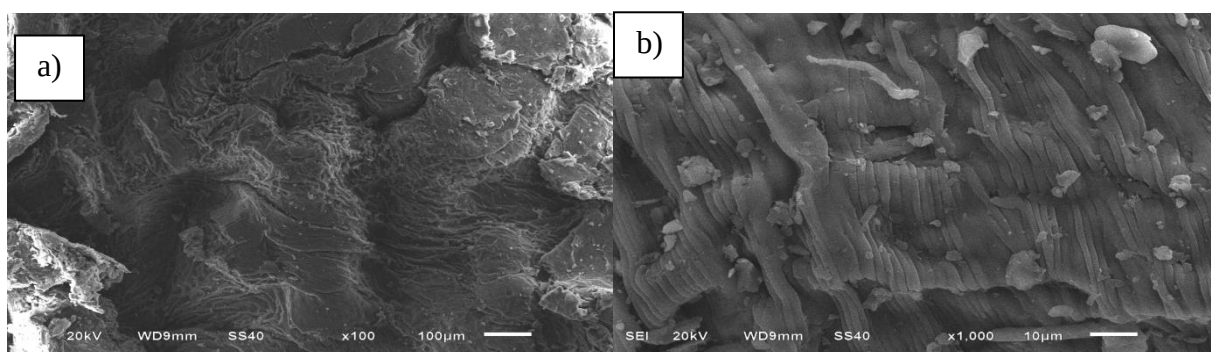


Figura 2. Partículas de algodón a) x100, b) x1000.

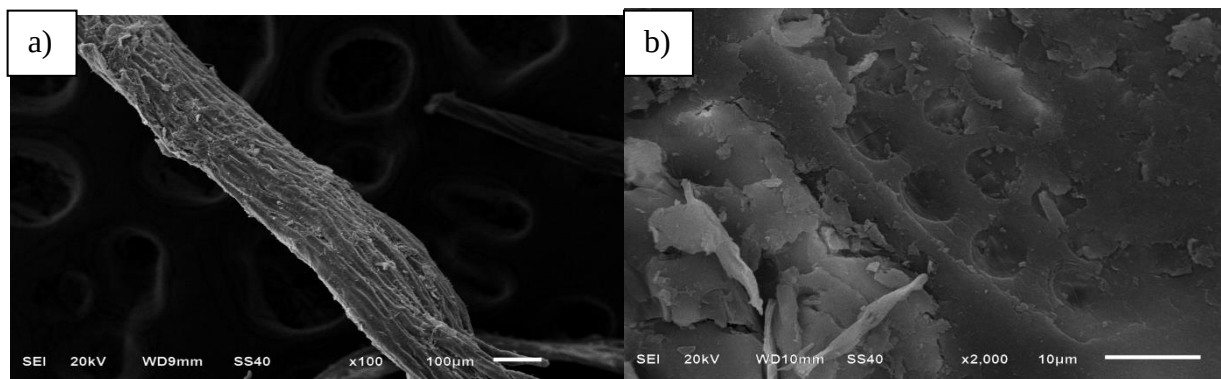


Figura 3. Partículas de yuca a) x100, b) x2000

4. CONCLUSIONES

Tres residuos agroindustriales han sido caracterizados: cascarilla de algodón, bagazo de yuca y poda de vid. Las tres son fibras naturales con alto contenido de celulosa y son desechadas en grandes cantidades continuamente. La cascarilla de algodón contiene celulosa alfa y la poda de vid celulosa beta, mientras que el bagazo de yuca contiene a ambas. Esta última además contiene en mayor cantidad almidón. Los dos biopolímeros abarcan un amplio margen de aplicaciones, como en la industria alimenticia y en la medicina. Por el alto contenido de celulosa en estos residuos se justifica su uso como sustratos en la producción de hongos. La pureza de la celulosa hallada los convierte en potenciales candidatos para ser utilizados en la fabricación de películas con fines de recubrimiento de alimentos por ejemplo, o en la fabricación de materiales compuestos utilizados en la medicina. Esta investigación abre posibilidades de utilización de residuos agroindustriales de esta naturaleza.

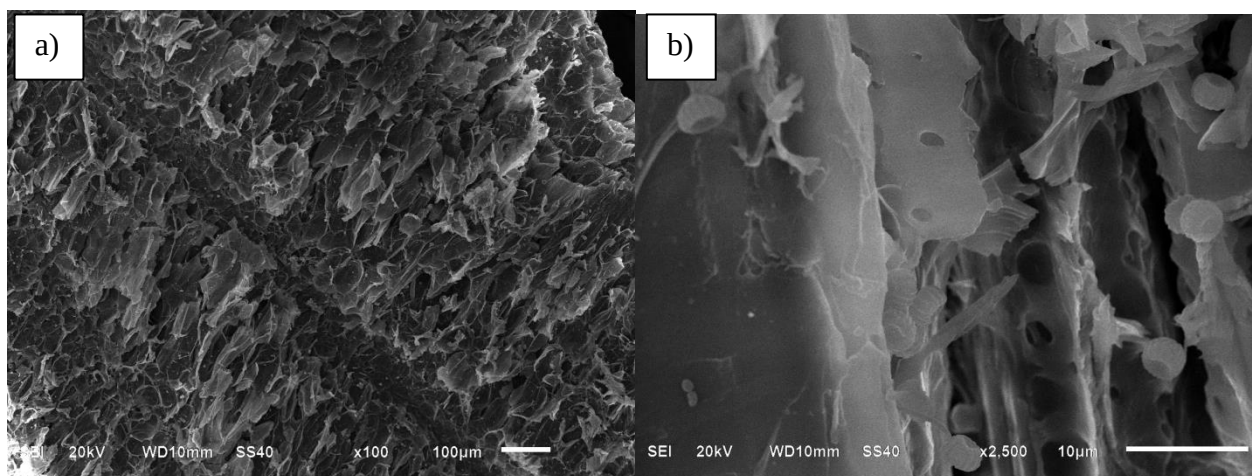


Figura 4. Partículas de vid a) x100, b) x2500.

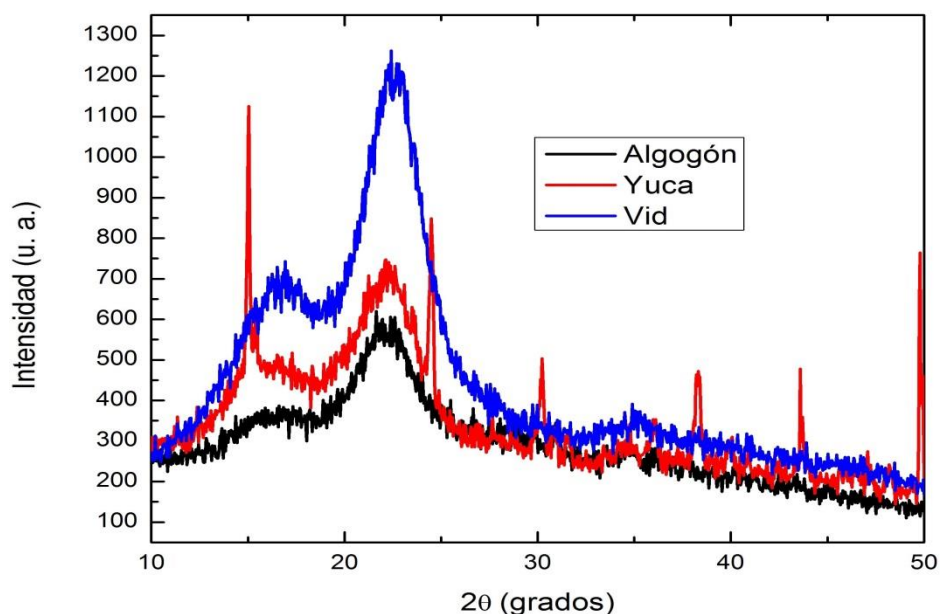


Figura 5. Difractogramas de las diferentes fibras estudiadas.



AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente apoyado por VIEP-BUAP y PRODEP México.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Food and agricultura organization (FAO), 2012. The estate of food insecurity in the world 2012. <http://WWW.Fao.org/docrep/016/i3027e/i3027e00.htm>.
- [2] Espitia, M. (2010). Aislamiento del nanofibras de celulosa a partir de residuos agroindustriales de fique y caña de azúcar, con potencial aplicación en reforzamiento de polímeros termoplásticos. *Magister en Ciencias-Químicas*, Universidad de Colombia.
- [3] Fengel D., Ludwig M. (1991). Möglichkeiten und Grenzen der FTIR-Spektroskopie bei der Charakterisierung von Cellulose. Teil 1. Vergleich von verschiedenen Cellulose-fasern und Bakterien-Cellulose. *Das Papier* **45** (2): 45-51.
- [4] Morán, J. (2008). Extracción de celulosa y obtención a partir de fibra sisal- caracterización. División de polímeros- INTEMA. (pp6). Mar de plata Argentina.
- [5] Ruiz, G. (2006). Obtención y caracterización de un polímero biodegradable. *Ingeniería y ciencia* **2**(4), 5-28.

[Indice](#)



Diseño del Contenedor de Residuos Sólidos Domiciliarios de un Fraccionamiento en el Valle de Toluca

¹Cristian Cortes Aparicio, ¹Guillermina Gómez Beltrán, ²Angélica Arenas Mitre, ¹Sandra Monroy Martínez, ¹José Jair Reyes Peña, ¹Karina Salazar del Rio

¹Universidad Tecnológica del Valle de Toluca, Carretera del Departamento del D.F. km 7.5, Santa María Atarasquillo, Lerma, México. C.P. 52044. Te. 7282859552. cristian.cortes.a@hotmail.com

²Universidad Tecnológica de Puebla.

RESUMEN

Actualmente el manejo de residuos enfrenta desafíos, tanto en logística como en costos, dado el aumento de residuos generados, producto del crecimiento poblacional en centros urbanos. Como un primer paso se hace necesaria la caracterización de residuos sólidos urbanos (RSU) que implica, entre otros aspectos, identificar la cantidad y composición física y química de los residuos sólidos generados en las residencias. El presente trabajo tiene como objetivo el diseño de los contenedores adecuado al volumen y características de residuos que se generan en una unidad habitacional. Las Hespérides es un fraccionamiento de desarrollo moderno de 300 casas, ubicado en Toluca, México, dividido en privadas de 20 casas cada una. Para el diseño se obtuvieron los datos de generación per cápita, peso volumétrico y porcentaje de subproductos con base en los métodos establecidos en las normas ambientales vigentes. Se aplicó una encuesta a los habitantes donde se recopilaron datos socioeconómicos y de actitudes ambientales. Los resultados obtenidos muestran una generación *per cápita* promedio de 0.27 kg/hab-día y un peso volumétrico de 51.8 kg/m³ identificándose a los residuos orgánicos, vidrio y cartón como los subproductos mayoritarios. No se encontraron diferencias significativas por nivel socioeconómico. Como conclusión, las dimensiones adecuadas para la cantidad y condiciones de recolección de residuos es de 2.5m por 1.5m por 1.2 m con cuatro divisiones para la separación de los principales subproductos, con un costo estimado de \$7,500.00, con los cual se espera una separación eficiente dada la buena disposición de los habitantes de la unidad habitacional.

Palabras Clave: *Generación, Peso volumétrico, Residuos sólidos urbanos*

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente el manejo de residuos enfrenta desafíos, tanto en logística como en costos, dado el aumento en los volúmenes de residuos generados, producto del crecimiento poblacional en centros urbanos. La necesidad de controlar tanto daños a la población como al medio ambiente transforma el problema de recolección en un problema de públicos y de privados. Esto conduce a la necesidad de desarrollar de manera integrada la aplicación de técnicas, tecnologías y programas de gestión idóneos para lograr metas y objetivos de la Gestión Integral de Residuos Sólidos [1] centradas principalmente en la reducción, recolección, transporte y disposición de los residuos del área bajo estudio.

En sentido general, el aumento en los niveles de vida de las personas es directamente proporcional al aumento de su generación de residuos. Aunque solo el 4 % es de altos ingresos, la mitad de la población corresponde a ingresos medios



lo cual implica una mayor complejidad en la gestión de los residuos sólidos que en él se generan, con la agravante de que no dispone de área en su demarcación para la disposición final de los mismos.

En los sistemas de recolección de caja fija (SCF) los contenedores utilizados para el almacenamiento de los residuos permanecen en los puntos de presentación. Este sistema de recogida varía según el número de puntos de generación y el tipo y la cantidad de residuos por recolectar [2]. La relación entre el deterioro de la salud pública y el almacenamiento, recogida y evacuación inapropiada de los residuos sólidos es muy estrecha. Para establecer las necesidades de vehículos de recolección se debe determinar el tiempo unitario necesario para llevar a cabo esta tarea. Al separar las actividades de recolección en operaciones unitarias se pueden desarrollar datos de diseño y relaciones que permiten evaluar las variables asociadas con las actividades de recolección.

La recogida “intraedificacional” o “prerrecogida” comprende las actividades de manipulación, procesamiento y almacenamiento de los residuos hasta que son depositados en los puntos de recogida o presentación (contenedores). Los principales factores a considerar son: el transporte de los residuos desde el lugar de generación, en las propias viviendas, y el lugar de acumulación (localización), el tipo de contenedor que se va a implementar, el tipo de recogida por parte de los servicios de aseo urbano, y el efecto del almacenamiento sobre la masa de residuos depositados [3].

La Importancia de los contenedores radica en mantener controlada la cantidad de residuos, ya que si no se tiene el volumen generado y la generación aproximada se tendrá un mal control de la contención de los residuos y por consecuencia no será higiénico para la sociedad, esto ocasionara la invasión de roedores, animales domésticos y enfermedades infecciosas que pueden repercutir en el bienestar social.

Si bien el problema base es la recolección de residuos, existen muchos factores que hacen diferente un problema de otro. Por ejemplo, contenedores de diverso tipo y tamaño, siendo los residuos retirados por terceros y llevados hasta puntos de recolección, residuos depositados en contenedores estandarizados para su posterior retiro, y retiro de residuos en los puntos generadores [4].

El diseño del contenedor de residuos sólidos domiciliarios de acuerdo a la generación *per cápita* del fraccionamiento las Hespérides tiene como objetivo identificar la cantidad y composición física de los residuos generados según el nivel de ingreso (bajo, medio y alto) de los habitantes.

2. METODOLOGÍA

La metodología aplicada para obtener los datos y llevar a cabo el diseño de contenedores de residuos sólidos urbanos se basó en la normatividad vigente.

2.1 Ubicación de la zona de estudio

Las hespérides, es un fraccionamiento de desarrollo moderno. Está ubicado a un costado de Geo Villas Independencia en San Mateo Otzacatipan, Toluca, Estado de México. Es un conjunto habitacional conformado por un total de 300 casas, dividido en privadas de 20 casas cada una (Figura 1).

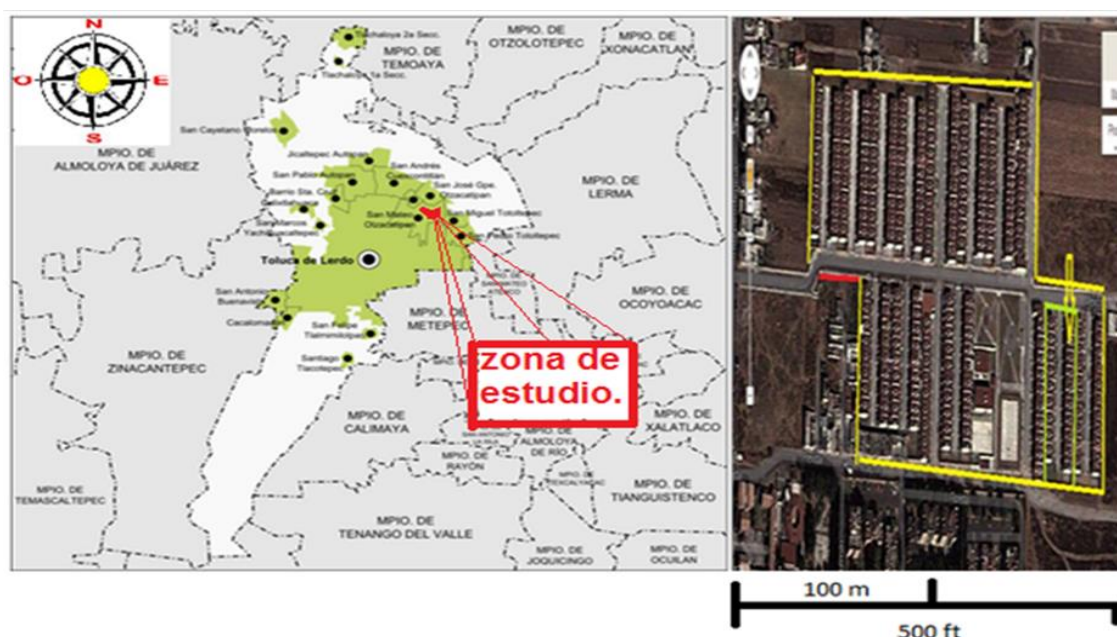


Figura 1. Ubicación de la unidad habitacional Las hespérides, Toluca, Estado de México

2.2 Muestreo

El muestreo fue realizado del 29 de julio al 4 de agosto del año 2013, durante 8 días, de acuerdo a la norma NMX-AA-061 -1985. Se tomó un universo muestral de 50 casas tomando un riesgo del 20% dada las características homogéneas y el conocimiento del área de estudio de acuerdo a los datos de la Tabla 1.

Tabla 1. Población muestreada en la unidad habitacional *Las Hepérides* por nivel de ingreso

Estrato	Hogares	%
Bajos ingresos	11	22
Ingresos medios	39	78
Altos ingresos	0	0
Total de viviendas	50	100

2.3 Aplicación de las encuestas.

Se llevó a cabo una encuesta el día 29 de julio del 2013 en la cual se recopilaron datos relacionados con aspectos socioeconómicos y de actitudes ambientales que involucraron la separación, reúso y comercialización que cotidianamente realizan los habitantes con los residuos que generan.

2.4 Caracterización de los residuos

Se determinaron los siguientes parámetros bajo su normatividad correspondiente: muestreo (NMX-AA-015 -1985), cuarteo, selección y cuantificación de subproductos (NMX-AA-022-1985), generación per cápita (NMX-AA-061-1985) y peso volumétrico (NMX-AA-019-1985). El peso volumétrico de los residuos urbanos es un valor fundamental para



dimensionar los recipientes de pre recogida tanto de los hogares como de la vía pública. Este valor soporta grandes variaciones según el grado de compactación a que están sometidos los residuos

Con los datos obtenidos se diseñó el contenedor con las dimensiones adecuadas al sitio y se realizó una cotización, se identificaron los residuos valorizables y se establecieron las diferencias de generación entre los niveles socioeconómicos muestreados.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Generación *per cápita*

Se consideró la división del fraccionamiento las Hespérides por niveles de ingresos bajos y medios, de acuerdo a lo establecido en las encuestas, y como puede observarse en la tabla 2, la generación *per cápita* de residuos no presenta diferencias y están por debajo de los valores reportados por la Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México para este municipio que es de 0.89 Kg/hab-día.

Tabla 2. Generación respecto a ingresos en (Kg/hab-día)

Nivel	% de hogares	Generación per cápita
Ingresos bajos	40	0.28
Ingresos medios	60	0.27

La tabla 3 muestra la generación *per cápita* por día de la semana es baja, lo cual se explica ya que la mayoría de los colonos realizan generalmente sus actividades fuera de la unidad, siendo empleados y estudiantes las ocupaciones predominantes.

Tabla 3. Promedio de la generación per cápita

Día	Promedio por día
Lunes	0.262
Martes	0.259
Miércoles	0.276
Jueves	0.263
Viernes	0.267
Sábado	0.320
Domingo	0.264

3.2 Porcentaje de subproductos

El porcentaje de subproductos de los residuos sólidos se llevó a cabo con la finalidad de identificar los residuos valorizables y determinar su potencial de aprovechamiento. De acuerdo a la tabla 4, donde se muestran los porcentajes de subproductos por nivel, se observa que el PET y en general los plásticos rígidos, no se desechan en los botes de basura.



Los habitantes del fraccionamiento lo recolectan y lo almacenan para después venderlo, y de esta manera cubrir parte de las necesidades de mantenimiento que requiera el conjunto habitacional. Las diferencias más notables son en la generación de mayores porcentajes de lata, pañales y papel, pero en una menor generación de vidrio, residuos de jardinería y residuos alimenticios. Se identifica que existe un gran porcentaje de residuos de naturaleza orgánica susceptibles de ser composteados y que los mismos colonos pueden utilizar en sus jardines, actividad que apoyan los vecinos.

Por otro lado, podemos observar que los residuos clasificados como “otros” representan de un 8 a un 12% de los residuos sólidos generados, estos residuos agrupan a todos aquellos residuos no valorizables pero pueden representar riesgos en su manejo ya que en estos se incluyen materiales con características de peligrosidad como lo son las pilas, focos incandescentes, envases de pintura entre otros.

Tabla 4. Subproductos ingresos medios y bajos.

Nº	Subproducto	Nivel bajo % en peso	Nivel medio % en peso
1	Algodón	0.02	0.74
2	Cartón	7.72	8.11
3	Lata	12.96	6.58
4	Madera	4.4	5.53
5	Papel	10.49	4.37
6	Pañal desechable	6.28	0.8
7	Plástico de película	3.33	3.13
8	Plástico rígido	0	0
9	Poliestireno expandido	1.13	3.37
10	Residuos alimenticios	19.26	25.89
11	Residuos de jardín	0	5.17
12	Trapo	3	0.96
13	Vidrio de color	8.46	12.72
14	Vidrio transparente	10	13.79
15	Otros	12.62	8.76
Total		99.67	99.92

3.3 Peso volumétrico

El peso volumétrico de los residuos tal como son descartados por los colonos es de 51 kg/m^3 , valor por debajo a los reportados para residuos domiciliarios que se ubican entre los 100 y 120 kg/m^3 . El valor determinado evidencia que los residuos no son compactados y ello representa la necesidad de contenedores de mayor volumen. Por ello, se recomienda que los vecinos realicen esta práctica de compactación, lo que influirá en el diseño del contenedor general.

3.4 Determinación de las dimensiones para el contenedor

Para el diseño del contenedor, se tomó una forma de prima rectangular y las dimensiones se calcularon basándose en una altura cómoda para el depósito de los residuos en el contenedor por parte de los vecinos (Figura 2). Dada la generación per cápita, número de habitantes y frecuencia de recolección de los residuos por parte del municipio (tres veces a la



semana con una falla), las dimensiones fueron de 2.5 m de largo por 1.4 m de ancho y 1.2 m de altura con un borde libre de 20 cm. Se buscaron contenedores con estas características en el mercado, sin embargo, la mejor opción fue la fabricación a la medida con un herero, el cual cotizó en \$7,500.00 el costo total del contenedor.

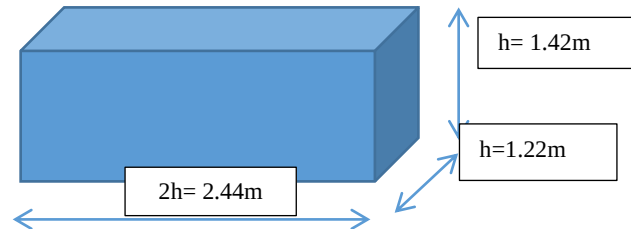


Figura 2. Diseño del contenedor

4. CONCLUSIONES

La generación *per cápita* de residuos en el fraccionamiento es de 0.28 kg/hab-día, valor por debajo de lo esperado para la zona lo cual se atribuye a las actividades económicas a las que se dedican los colonos y a la separación que se realiza de los plásticos rígidos. No se encontraron diferencias en este valor entre niveles socioeconómicos. El contenedor diseñado puede reducirse en dimensiones y costo si los habitantes realizan actividades de compostaje la cual tiene buena aceptación entre los vecinos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Mosler Herrera, J. La formulación de estrategias de gestión de los residuos basada en las prácticas de gestión de residuos de los hogares en Santiago de Cuba. 2006. Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia. Santiago de Cuba. pp. 120-230.
- [2] Guido A., Antonio R., Paulo T. y Francisco Z. Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe. (1998). Banco Interamericano de Desarrollo y Organización Panamericana de la Salud. pp. 1716-1721.
- [3] Fontanet Sallán, L. y Poveda Gómez, P. (1999). Gestión de Residuos Urbanos, Manual Técnico y de Régimen Jurídico. Exlibris. Madrid. pp 454.
- [4] SEDESOL (1997). Manual para el diseño de rutas de recolección de residuos sólidos urbanos. 1997. Secretaría de Desarrollo Social. México. pp 46.

[Indice](#)



Caracterización de la Composta de la Planta de Bordo Poniente del Distrito Federal

Sarai Betzabe González Moreno, Guadalupe Enriqueta Olvera Pérez, Alethia Vázquez Morillas, Rosa María Espinosa Valdemar, Perla Xochitl Sotelo Navarro

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco. Av. San Pablo 180, Colonia Reynosa Tamaulipas, Delegación Azcapotzalco, México D.F. 02200 rmev@correo.azc.uam.mx

RESUMEN

Actualmente la mayoría de los residuos orgánicos que se generan en el Distrito Federal se envían a la Planta de Bordo Poniente, en donde se tratan por composteo. En el presente trabajo se realizó el monitoreo del proceso y la caracterización composta producida en esta planta con el fin de evaluar su calidad y verificar si cumple con la norma NADF-020-AMBT-2011. Durante 6 meses se monitoreó una de las pilas de la planta, se realizaron cuatro muestreos. Los parámetros medidos *in situ* fueron temperatura y humedad, además de la estimación del volumen. Los análisis se realizaron con base a las normas mexicanas de pH, temperatura, humedad, materia orgánica, cenizas, nitrógeno, relación C/N (carbono/nitrógeno), y fósforo. De acuerdo con los resultados obtenidos se encontró que sólo los valores de pH están dentro de la norma. Debido a esto en la composta sólo el pH (7.4), el nitrógeno (1.37%) y la humedad (63%) se encuentran dentro de los límites establecidos, los demás parámetros están por encima de los valores permitidos, destacando C/N (19.8). Aunque no se alcanzó la maduración de la composta, se registraron cambios en los parámetros finales con respecto a los iniciales, lo que indica que existe degradación en el proceso. En las circunstancias ambientales, técnicas y administrativas actuales de la planta de Bordo Poniente pareciera poco viable que se obtenga una composta final con las características necesarias que establece la norma para su distribución.

Palabras Clave: Estabilización, Mejorador de suelos, Tratamiento biológico.

1. INTRODUCCIÓN

En la Ciudad de México se generan diariamente entre 12,740 y 13,500 toneladas de residuos sólidos [1] y [2]. Éstas son recolectadas por medio de un parque vehicular integrado por 2 mil 90 unidades recolectoras con distintas capacidades y una plantilla de personal de más de 17 mil trabajadores de las 16 Delegaciones del Distrito Federal [3]. Para el manejo de la mayoría de estos residuos el Distrito Federal (D.F.) cuenta actualmente con dos plantas de selección de residuos urbanos mezclados, con capacidad instalada conjunta de 6,500 toneladas por día. Estas plantas se ubican en Bordo Poniente, San Juan de Aragón y Santa Catarina. La operación de las plantas se realiza de manera coordinada entre el Gobierno del D.F. a través de la Dirección General de Servicios Urbanos, de la Secretaría de Obras y Servicios y los gremios de selectores (antes pepenadores); en estas instalaciones se recuperan más de 20 materiales reciclables que son comercializados en el D.F. y sus alrededores por los gremios de selectores. El resto de los residuos van a disposición final en 6 rellenos sanitarios del Estado de México y una del Estado de Morelos [4].

Entre los materiales de recuperación se encuentran los residuos orgánicos que, debido al incremento paulatino en su separación, han propiciado la obtención de la materia prima para la producción de composta [3]. El gobierno del D. F. opera la planta de composta más grande de la República Mexicana, ubicada en el sitio Bordo Poniente IV Etapa, a un costado del relleno sanitario de Bordo Poniente dentro de terrenos federales en el Estado de México y el límite con el D.F., en los terrenos que anteriormente conformaban el lago de Texcoco. La planta es de composteo aerobio y ocupa más



de 6000 m². Inició su funcionamiento en 1988 [5]. En la planta trabajan 150 personas los 365 días del año en horarios de 7 a 22 horas y produce diariamente alrededor de 2500 toneladas de composta [1].

Los residuos orgánicos generados por los capitalinos, a los que se suman los restos de podas de las áreas verdes de la ciudad, son llevados directamente a esta planta para su procesamiento, el cual requiere de 60 días de composteo y 30 de maduración. Debido a la cantidad de desechos orgánicos que maneja, los cuales representan 44 por ciento de las 12 mil 600 toneladas de residuos que se generan todos los días en el Distrito Federal, se considera que el método de separación de estos residuos elegido por las autoridades capitalinas es el adecuado para una ciudad que no cuenta con rellenos sanitarios cercanos, en tanto la capacidad de operación de la planta, que es dos mil 500 toneladas, no ha sido rebasada. En 2012 recibió 868,892 t de residuos orgánicos y produjo 166,827 t de composta. El proceso de composteo se desarrolla en condiciones precarias debido a la falta de espacio, tiempo y mantenimiento de los equipos, y no se da un seguimiento continuo a la calidad de la composta producida [6]. La composta que se genera es utilizada para viveros, tierras de maceta, restauración y reforestación en suelo de conservación, en agricultura orgánica y para paisaje, para áreas verdes de la red vial primaria y camellones de las 16 delegaciones del D.F. y para sanear las celdas del relleno sanitario; así como un pequeño porcentaje que se pone a la venta, por ejemplo, a los campesinos de Milpa Alta [5].

En el Reglamento de la Ley de Residuos Sólidos del D.F. 2012, no existen los controles que reglamenten la producción y utilización de la composta que se genera en la ciudad de México. Sin embargo, la norma relativa a este tema fue publicada el 25 septiembre del 2012 mediante el aviso por el que se da a conocer la Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011[7], que establece los requerimientos mínimos para la producción de composta a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, agrícolas, pecuarios y forestales, así como las especificaciones mínimas de calidad de la composta producida y/o distribuida en el Distrito Federal. Por ello, es muy importante evaluar si la composta que se obtiene actualmente en la planta de Bordo Poniente reúne las especificaciones marcadas en la misma. En este trabajo se evaluó y monitoreó tanto el proceso de composteo de residuos orgánicos en la planta de composta más grande de la República Mexicana, como la calidad de la composta obtenida.

2. METODOLOGÍA

Este proyecto fue realizado en la planta de composta de Bordo Poniente en el Distrito Federal. Los análisis de las muestras de composta se realizaron en el laboratorio de Tecnologías Sustentables, de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco. El diseño del trabajo se dividió en montaje, monitoreo y análisis de laboratorio para evaluar el proceso y la calidad de la composta obtenida.

2.1 Montaje de la pila

Inicialmente se realizó una visita a la planta de composta Bordo Poniente, para establecer contacto con el personal encargado y acordar las condiciones en las que se trabajaría el proyecto y para conocer el proceso de montaje de las pilas de composta. El 28 de mayo del 2013 los trabajadores de la Planta montaron la pila sujeto de estudio, a partir de los residuos de las estaciones de transferencia que llegaron en camiones y descargaron directamente en el área de composteo, y fueron acomodados con un payloader.

Una vez que la pila se formó, se recolectaron muestras simples en 5 puntos equidistantes horizontalmente, las muestras se tomaron a un metro de profundidad con ayuda de un hand auger y equipo de jardinería. Posteriormente las muestras se trasladaron al Laboratorio en donde se mezclaron las muestras simples para constituir 3 muestras compuestas [7] las cuales se etiquetaron y fueron empleadas para realizar los análisis respectivos.



2.2 Monitoreo del proceso

Se realizaron 9 visitas a la planta durante el proceso, en 4 de ellas se tomaron muestras y las otras 5 fueron para el monitoreo de la pila. Los parámetros de temperatura, humedad y pH se monitorearon *in situ* para verificar que el composteo se controla de acuerdo con la norma mexicana. La temperatura se midió con un termómetro bimetalico de vástago y la humedad con un higrómetro de vástago metálico. Las mediciones se realizaron a una profundidad aproximada de 1 metro en los 5 puntos. Adicionalmente se utilizó una USB datalogger colocada en uno de los puntos de muestreo que registró la temperatura y la humedad diariamente.

Para obtener el volumen efectivo del material contenido en la pila se determinó la base inferior y superior, altura y largo de la pila con un flexómetro, considerando la pila como un prisma trapezoidal.

2.3 Análisis químico de las muestras

Las cuatro muestras compuestas se analizaron por triplicado, con base en las normas mexicanas correspondientes, de acuerdo con lo mostrado en la Tabla 1.

Tabla 1 Listado de normas empleadas en la caracterización de la composta

ANÁLISIS DE LABORATORIO	NORMA MEXICANAS	Nº DE ANÁLISIS POR MUESTRA
pH	NMX-AA-025-1984	3
Humedad	NMX-AA-16-1984	3
Materia orgánica	NMX-AA-21-1985	3
Cenizas	NMX-AA-18-1984	3
Fósforo	MÉTODO BRAY I	3
Nitrógeno	NMX-AA-024-1984 MICROKJELDAHL	3
Carbono/Nitrógeno	NMX-AA-67-1985	3

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Montaje de la pila

La pila de composta designada para su análisis, estuvo a la intemperie, con presencia de humedad por las precipitaciones pluviales, lo que provocó la formación de múltiples charcos. La pila de composta se montó en forma de trapecio, con las siguientes dimensiones: base menor 6.9 m, base mayor de 13 m, longitud de 150 m y una altura de 3.17 m.

3.2. Monitoreo y evaluación del proceso

Para monitorear el proceso de acuerdo con la norma (7) se midieron la temperatura, humedad, pH *in situ* y la relación C/N. Los resultados obtenidos y su comparación con los valores establecidos en la norma para el inicio del proceso se muestran en la Tabla 2.



Tabla 2. Resultados del monitoreo del proceso

Datos	Día 1 29/05/2013	Día 24 22/06/2013	Día 64 31/07/2013	Día 190 04/12/2013	NADF-020- AMBT-2011 Para el inicio del proceso
Volumen en la pila (m ³)	410.15	348.20	296.03	No se midió	-
Temperatura (°C)	25.35	46.73	48.80	65	Hasta 65°C durante la etapa termofílica
Humedad (%)	72.86	63.48	64.65	44.27	50-60
pH	4.59	5.39	7.73	7.41	4-9
C/N	27.35	24.34	20.66	17.28	25-40

De acuerdo con el monitoreo realizado en las visitas a campo la temperatura fluctuó entre los 25 y 65 °C. Los valores registrados en la USB data logger tuvieron un comportamiento oscilante, con una temperatura media de 61°C, una máxima de 66.5°C y una mínima de 47°C. El comportamiento de la temperatura es bastante irregular para este tipo de proceso ya que se esperaría tener las etapas típicas del composteo, una mesófila, una termofílica y una estabilización a temperatura ambiente. El proceso permanece en la etapa termofílica aún a los 190 días. Los valores de temperatura no disminuyeron para alcanzar la temperatura ambiente, como debería ocurrir en condiciones normales, por lo que el proceso de composteo no llegó a la etapa de maduración o enfriamiento, probablemente porque no existió suficiente aireación para favorecer la degradación de la materia y con ello el descenso de temperatura. Es importante resaltar que las mediciones se realizaron a un metro de profundidad y aun así son muy altos por lo que al interior de la pila los valores deben ser más altos.

Las cinco lecturas tomadas en campo tanto con el higrómetro como con la USB data logger registraron valores de 100 % de humedad en todos los casos, debido a las constantes lluvias que se presentaron a lo largo del proceso. El análisis en laboratorio (tabla 2), confirmó que para los días uno y 190 los valores están fuera de la norma ambiental (DOF, 20011), pero dadas las condiciones ambientales en las que se realiza el proceso es difícil controlar esto.

El volumen inicial obtenido fue de 410 m³, para la segunda visita fue de 348.20 m³ y para la tercera 296 m³, es decir que para el día 63 del proceso hubo un 72% de reducción de volumen. El pH estuvo dentro del rango de la norma. Finalmente la relación C/N al inicio del proceso presenta valores superiores a los establecidos en la norma.

3.3 Análisis químico de las muestras

Inicialmente se consideró tomar tres muestras durante el proceso, pero dado que para el día 64 el proceso no había concluido se adicionó un muestreo a los 190 días para conocer la calidad final de la composta obtenida. Los resultados obtenidos de las muestras analizadas para los diferentes tiempos del proceso se presentan en la Tabla 3, en todos los casos se presentan valores promedio de los análisis por triplicado.



Tabla 3 Resultados promedio del monitoreo del proceso y la composta final

	Día 1 29/05/2013		Día 34 22/06/2013		Día 63 31/07/2013		Día 190 04/12/2013		NADF- 020- AMBT- 2011 (composta final)
Datos	Promedio	Desv. Std.	Promedio	Desv. Std.	Promedio	Desv. Std.	Promedio	Desv. Std.	
Temperatura (°C)*	35.35	0.00	46.73	0.00	48.80	0.00	62	0	≤15 (vs temperatura ambiente)
Humedad (%)*	72.86	0.00	63.48	0.00	64.65	2.50	44.27	1.92	25-45
pH	4.59	0.00	5.39	0.11	7.73	0.43	7.41	0.17	6.5-8
Materia orgánica (%)	67.62	1.18	70.36	1.35	58.55	0.10	40.33	3.34	> 20
Cenizas (%)	31.66	1.17	30.22	3.04	40.92	0.01	14.09	3.60	-
Nitrógeno (%)	1.44	0.08	1.71	0.31	1.65	0.10	1.37	0.21	1 a 4
Fosforo (%)	0.002	0.00	0.001	0.00	0.001	5.42	.0002	0	1 a 3 %
C/N	27.35	1.16	24.34	4.92	20.66	1.17	17.28	2.22	< 15
Coliformes fecales (NMP/g)	2000		2000		6000		2000		≤1000
Coliformes Totales (NMP/g)	2000		9000		6000		2000		-
Hongos y Levaduras (UFC/g)	2000		2000		6660		3660		-

*Evaluada *in situ*

De acuerdo con los resultados obtenidos se observa que el producto final cumple con los límites establecidos para la humedad, el pH y el nitrógeno. Los demás valores esta fuera de norma, llama la atención que no cumpla con los valores establecidos para coliformes fecales, lo que indica presencia de patógenos, ni con la C/N que son de los indicadores más importantes de la calidad de la composta y del proceso.

Los resultados obtenidos, reflejan claramente las condiciones en las que se lleva el proceso, ya que la pila nunca recibió aireación, que es muy importante para la adecuada degradación de la materia, orgánica. Hay una problemática muy seria en cuanto a los recursos con los que cuenta la planta ya que muchos equipos no se usan por falta de mantenimiento. También resaltar que la cantidad de residuos que tiene que ser procesos rebasan por mucho la capacidad de la planta en cuanto a personal y sobretodo en cuanto a equipo, por lo que las condiciones en las que se realiza el composteo son deficientes.

4. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos se concluye que el proceso de composteo en la planta de Bordo Poniente y la calidad de la composta obtenida cumplen parcialmente con la normatividad vigente en el D.F., existe degradación de la materia



orgánica pero no se realiza en condiciones óptimas, por lo que el proceso no termina adecuadamente y por ello no se obtiene una composta de buena calidad. Uno de los aspectos en los que debe ponerse especial interés es la presencia de patógenos.

El equipamiento de la planta requiere de una fuerte inversión para que puedan tratarse la gran cantidad de residuos orgánicos que llegan diariamente, en tanto esto no ocurra la calidad de producto final va ser muy pobre.

AGRADECIMIENTOS

A las autoridades y personal de la Planta de Bordo Poniente del D.F; por las facilidades otorgadas para la realización de este estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. Secretaría del Medio Ambiente del DF. 2012, fecha de consulta 27 de junio de 2014., <http://www.sedema.df.gob.mx/sedema/index.php/temas-ambientales/programas-generales/residuos-solidos>
- [2] Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca y Alimentación Contribuye la SAGARAPA a mejorar el medio ambiente, fecha de consulta 26 de junio de 2014. <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/distritofederal/boletines/Documents/B0262011.pdf>
- [3]. Secretaría de Obras y Servicios (SOBSE), 2013, Recolección, transferencia, selección y disposición, fecha de consulta 26 de junio de 2014. <http://www.obras.df.gob.mx/recoleccion-transferencia-seleccion-y-disposicion-final/>.
- [4]. Secretaría del Medio Ambiente del DF. 2013, fecha de consulta 27 de junio de 2014, <http://www.sedema.df.gob.mx/sedema/images/archivos/temas-ambientales/programas-generales/residuos-solidos/inventario-residuos-solidos-2012cap02-infraestructura.pdf>
- [5]. Instituto Nacional de Ecología 2007, fecha de consulta 26 de junio de 2014, d <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/499/experiencias.html>,
- [6]. Secretaría del medio Ambiente D.F: 2012 Inventario.2012, http://www.sma.df.gob.mx/rsolidos/inventario_residuos_solidos.pdf
- [7] Gaceta Oficial del D. F. (2012). NADF-020-AMBT-2012, que establece los requerimientos mínimos para la producción de composta a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, agrícolas, pecuarios y forestales, así como las especificaciones mínimas de calidad de la composta. Septiembre de 2012.

[Índice](#)



Caracterización del agua residual generada por la procesadora de Hules Técnicos de la Cuenca del Uxpanapa

¹Samuel Hernández Lemus, ¹Fernando Hernández Aguilar, ¹María de la Luz Sánchez Mundo, ²Gustavo Rayo-San Román, ¹Sergio Sáenz Hervert.

¹Instituto Tecnológico Superior de Las Choapas. Carretera Las Choapas-Cerro de Nanchital Km 6.0
Col. J. Mario Rosado. Las Choapas, Ver. 01 (923) 32 32010 ext. 140. e-mail. saenz_hervert_sergio@hotmail.com.

²Empresa Hules Técnicos de la Cuenca del Uxpanapa.
Carretera Las Choapas- Cerro de Nanchital Km.12 Col. J. Mario Rosado, Las Choapas, Ver.

RESUMEN

El constante incremento de la demanda de agua a nivel mundial plantea varios retos para el futuro de la humanidad, unas de las alternativas para enfrentarlo es el tratamiento de las aguas residuales que posibiliten su reúso. Particularmente, la industria que elabora productos de látex de hule natural que genera efluentes ricos en materia orgánica que superan los valores máximos permisibles de Demanda Biológica Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendedos (SS) y Sólidos Totales (ST). El objetivo del presente trabajo fue realizar un diagnóstico y caracterización de los componentes químicos de alto impacto ambiental presentes en el agua residual generada por la procesadora de “Hules técnicos de la Cuenca del Uxpanapa”. Se realizó un muestreo en los tres turnos de trabajo, durante la primera hora de cada turno, cada 15 min. El estudio se realizó en cada una de las etapas del proceso identificando los puntos críticos para la toma de muestras. Los parámetros evaluados fueron pH, dureza del agua, determinación de cloruros, fosfatos DBO, DQO, SS y ST. Las determinaciones fueron realizadas de acuerdo a las Normas NMX-AA-073-SCFI-2001, NMX-AA-008-SCFI-2000 y NMX-AA-072-SCFI-2001. Los resultados del diagnóstico mostraron que los componentes DBO, DQO, SS, ST, pH y fosfatos rebasaron los límites permisibles de acuerdo a la normativa oficial mexicana vigente. El diagnóstico realizado será el inicio de establecer estrategias de tratamiento de las aguas generadas con posibilidad de reúso y una reducción de contaminación potencial al medio ambiente.

Palabras Clave: Diagnóstico, Efluentes, Fisicoquímicos, DBO, DQO.

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población mundial en el siglo pasado ha conducido a la humanidad a enfrentar diversas y complejas problemáticas, los requerimientos de alimentos, los servicios de salud y el abasto de agua potable para millones de personas son parte de los problemas que demandan atención inmediata. En este contexto, la problemática del agua ha evolucionado hasta convertirse en una crisis que condiciona hoy en día el desarrollo humano. Se estima que una sexta parte de la población mundial no tiene garantizado el acceso al agua potable [1] mientras que la demanda de agua para usos domésticos e industriales va en aumento resultando en una sobreexplotación de las fuentes, además de contaminación, mal uso y desperdicio por la utilización de sistemas de distribución inadecuados e ineficientes [2]. Aunque el problema del agua en la industria es general, su complejidad no es homogénea ya que el consumo del vital líquido está en función del tipo de proceso empleado en la fabricación de productos. Existen sectores industriales clasificados como grandes consumidores de agua, como es el caso de la industria del papel o la industria azucarera, dentro de este grupo se encuentra la industria del hule natural, la cual consume alrededor de 5.2 a 13.4 m³ de agua por tonelada de producto seco obtenido [3]. El principal problema de las aguas residuales



generadas por esta industria exhibe una alta Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y de amoníaco, lo cual deriva en un alto consumo de oxígeno durante su descomposición en aguas superficiales, disminuyendo con ello los niveles de oxígeno disponible. La razón porque las normas de aguas residuales especifican límites máximos permisibles para el DBO se debe a la alta biodegradabilidad de los contaminantes, los impactos ambientales de efluentes ricos en materia orgánica biodegradable son variados, sin embargo, el más problemático es la eutrofización de las aguas superficiales. En este contexto, históricamente el principal reto para la industria de látex y artículos de hule natural ha sido reducir los valores de DBO_5 de sus efluentes. La empresa “Hules Técnicos de la Cuenca del Uxpanapa” procesa diariamente 30 toneladas de materia prima lo que genera que los almacenes de materia prima y área de molienda viertan grandes cantidades de agua generando alto índice de contaminantes. Es por ello que se analizarán las aguas residuales como punto de inicio para evaluar la posibilidad de implantar un proceso de tratamiento a las aguas residuales de la industria que permita reducir los efectos de los contaminantes para su disposición final.

2. METODOLOGÍA

2.1 Localización

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Instituto Tecnológico Superior de Las Choapas y la empresa Procesadora de Hules Técnicos de la Cuenca del Uxpanapa los cuales encuentran localizados entre las coordenada $17^{\circ} 04'$ de latitud norte y $4^{\circ} 02'$ de longitud este con respecto a la Cd. de México. Su altitud promedio sobre el nivel del mar es de 35 m. Limita con los municipios de Coatzacoalcos, Minatitlán, el Estado de Oaxaca, el Estado de Tabasco y el Estado de Chiapas. Ocupa una extensión de 2,851 km², cifra que representa el 3.92% del total del Estado.

2.2 Muestreo

Para la evaluación diagnóstica de las aguas residuales en la procesadora “Hules Técnicos de la Cuenca del Uxpanapa” se llevó a cabo un recorrido en todas las etapas del proceso de producción. Se realizó un muestreo en los tres turnos de trabajo, durante la primera hora de cada turno, cada 15 min. El estudio se realizó en cada una de las etapas del proceso identificando los puntos críticos para la toma de muestras.

2.3 Determinación de pH

Se llevó a cabo de acuerdo a la normatividad correspondiente [4]. Determinación del pH. Método de prueba. Se utilizó un potenciómetro Marca Hanna Instruments, Modelo H19914N.

2.4 Determinación de fosfatos.

La determinación se llevó a cabo de acuerdo a lo establecido en la norma vigente [5] Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria del hule.

2.5 Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno (DBO y DQO).

Las determinaciones se llevaron a cabo de acuerdo a la norma [6]. Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno en aguas naturales, residuales (DBO_5) y residuales tratadas. Método de prueba y la Norma [7]. Determinación de la demanda química de oxígeno en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Método de prueba.

2.6 Determinación de sólidos suspendidos (SS) y totales (ST)

Se llevaron a cabo de acuerdo a la Norma [8] para SS. Análisis de agua. Determinación de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Método de prueba. Y para ST la norma [9]. Análisis de agua. Medición



de sólidos sedimentables en agua naturales, residuales y residuales tratadas. Método de prueba.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

La evaluación se llevó a cabo en los tres turnos y las tomas de muestras se realizaron en los procesos de recepción de materia prima, lavado inicial, lavado en tina uno, lavado y sedimentación, mezclado y segunda sedimentación, lavado y sedimentación en tina 3 y 4, extrusión y lavado final. Los valores reportados son las medias aritméticas de los datos en cada una de las determinaciones.

3.1 pH

Al comparar los resultados de pH del agua residual tomada durante la primera hora de los tres turnos durante 5 días analizados se observó que el pH más alto fue detectado a los 30 min en el tercer turno con un valor de 7.8 y en el tercer turno se detectó el pH más bajo con un valor de 4.8 (Ver Figura 1). De acuerdo a la Norma NMX-AA-008-SCFI-2000, los valores permisibles de pH son 6-9, y por lo tanto los resultados muestran valores por debajo de este intervalo, que puede provocar una disminución en la actividad del proceso demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO) el tipo de coagulante sintético utilizado en la coagulación del látex proveniente de los diferentes proveedores. Lo que traerá como consecuencia la poca velocidad de reacción en el tratamiento.

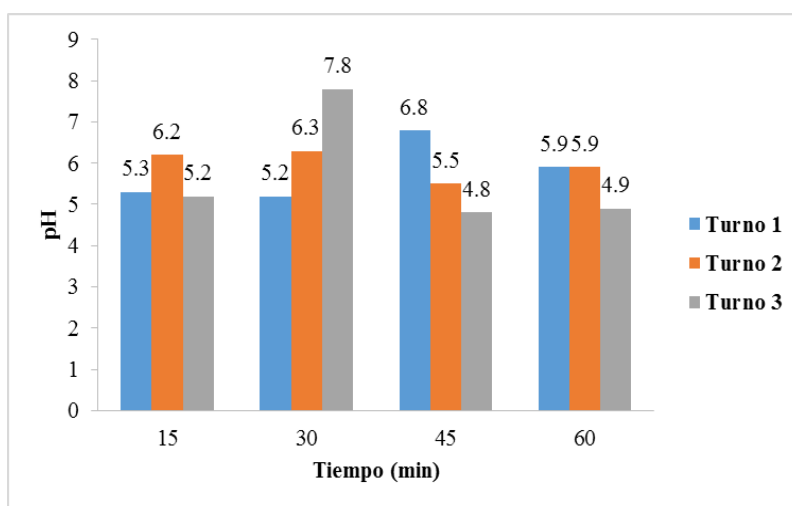


Figura 1. Valores de pH en aguas residuales de estudio tomadas en los tres turnos.

3.2 Fosfatos Totales

La figura 2 muestra los datos de fosfatos totales, los cuales exceden el limite permisible de 20 mg/L como lo especifica la NOM-CCA-012-ECOL/1993, lo que causa problemas en los sistemas de tratamientos de aguas que funcionan anaeróbicamente, así el alto nivel ácido sulfúrico puede ser liberado al medio ambiente y generar problemas de mal olor e inhibe los procesos de materia orgánica. Esto es debido a la recepción de materia prima con altos contenidos de amoniaco.

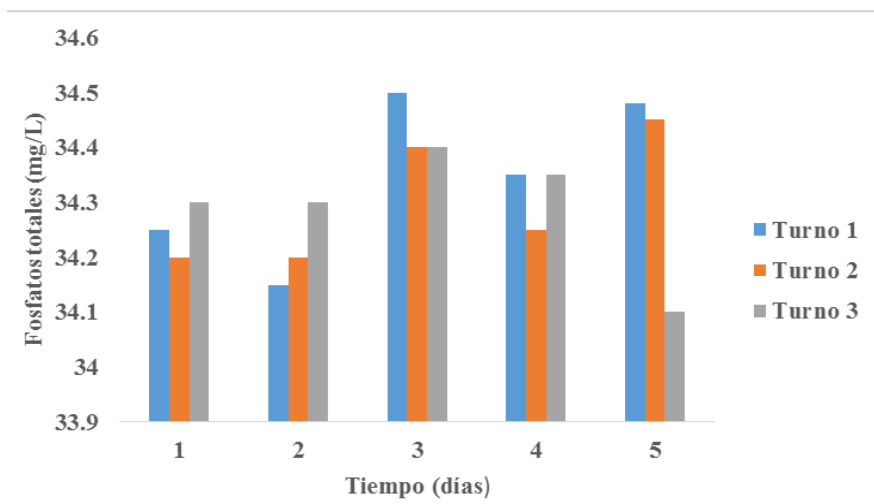


Figura 2. Valores de fosfatos totales (mg/L) en aguas residuales de estudio tomadas en los tres turnos.

3.3 DQO y DBO

Al analizar los resultados de las medias de DQO y DBO durante los 5 días del estudio (Ver Figura 3) se detectó que sobrepasan los límites permisibles de 180 mg/l y 50 mg/L de acuerdo a la NOM-002-SEMARNAT-1996 y NOM-CCA-012-ECOL-1993. Lo anterior nos indica que la condición del agua residual es negativa dificultando la disolución de oxígeno necesaria para que sea degradada por la flora así como para oxidar la materia orgánica.

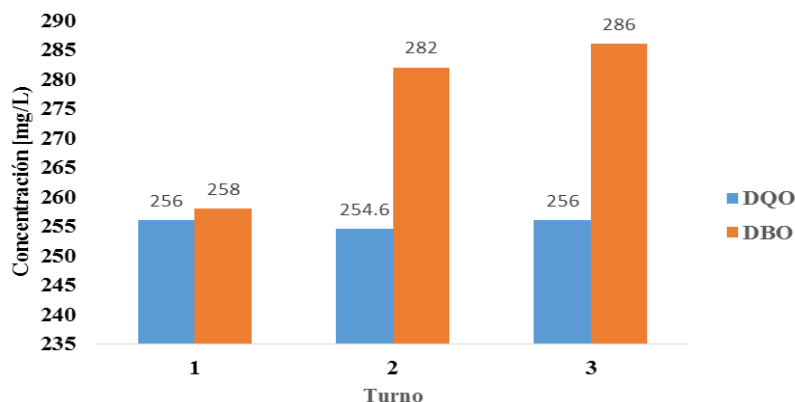


Figura 3. Valores de DQO y DBO en el agua residual de estudio.

3.3 SS y ST

Al analizar los resultados de las medias de SS y ST de manera general exceden los límites permisibles de acuerdo a la NOM-003-ECOL-1996. Por lo tanto, nos indica que la calidad del agua residual es baja, presentando mucha turbidez y afectando otros factores tal como la velocidad de las reacciones químicas y bioquímicas en la misma, las cuales generan productos que pueden llegar a ser tóxicos para el ambiente. Por otro lado, igual pueden verse afectada negativamente la solubilidad de los gases como el oxígeno

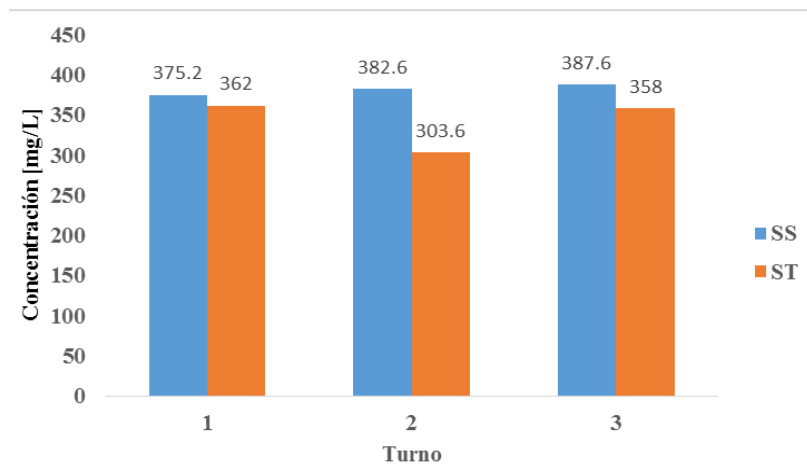


Figura 4. Valores de sólidos suspendidos en el agua residual en estudio.

4. CONCLUSIONES

Se identificaron que las etapas del proceso críticas para la generación de agua residual son recepción de materia prima y lavado, así como también es afectado por la reutilización del agua debido a que cada dos días lavan las tinas en dichas etapas. Los valores fisicoquímicos estudiados en el agua residual nos indican una baja calidad para su posible reúso de acuerdo a la normatividad vigente. Se propone un pre-tratamiento previo al establecimiento de una método definitivo de tratamiento, siendo el electroquímico uno de las posibles opciones para el agua residual de la procesadora de hules en estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Holt, P., Barton, G., Mitchel, C. 2005. "The future for electrocoagulation as a localised water treatment technology", *Chemosphere*. 59(3):358.
- [2] Restrepo, A., Arango, R., Garcés, G. 2006. "La Electrocoagulación: retos y oportunidades en el tratamiento de aguas". *Producción + Limpia*. Vol.1, No.2, 58-77.
- [3] Tekasakul 2006. "Environmental Problems Related to Natural Rubber Production in Thailand". *J. Aerosol Res.* Vol.1, No.2, 122-129.
- [4] NMX-AA-008-SCFI-2000. Determinación del pH. Método de prueba
- [5] NOM-CCA-012-ECOL/1993. Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria del hule.
- [6] NMX-AA-028-SCFI-2001. Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno en aguas naturales, residuales (DBO₅) y residuales tratadas. Método de prueba.
- [7] NMX-AA-030-SCFI-2001. Determinación de la demanda química de oxígeno en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Método de prueba.
- [8] NMX-AA-034-SCFI-2001. Análisis de agua. Determinación de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Método de prueba.
- [9] NMX-AA-004-SCFI-2013. Análisis de agua. Medición de sólidos sedimentables en agua naturales, residuales y residuales tratadas. Método de prueba

[Índice](#)



Diagnóstico de Residuos Peligrosos en los Laboratorios del Instituto Tecnológico de Toluca

Esthela Mejía Zárate¹, María del Consuelo Hernández Berriel¹, Lidia Sandoval Flores², María Magdalena García Fabila², María del Carmen Carreño de León¹.

¹ Instituto Tecnológico de Toluca, Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica.
Av. Tecnológico s/n, Fraccionamiento La Virgen, Metepec, México, C.P. 52140. e-mail: emejiazarate@gmail.com.

² Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Química.
Paseo Tollocan esq. Paseo Colón, Toluca, México, C.P. 50000.

RESUMEN

En México en materia de residuos peligrosos, el marco normativo incluye a la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) y diversas Normas Oficiales Mexicanas, los cuales regulan el manejo de los residuos peligrosos (RP) y señalan como responsable directo a empresas privadas y gubernamentales generadoras de éstos. El Instituto Tecnológico de Toluca como institución educativa ofrece ocho carreras y tres posgrados de excelencia, los cuales demandan la realización de prácticas e investigación, con lo que se generan diferentes tipos de residuos, que en su mayoría son de carácter químico, sin embargo no se tiene contabilizada ni controlada su generación. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue elaborar un diagnóstico de los RP en los laboratorios del instituto, a fin de contribuir al manejo y disposición a través de la gestión integral. En la primera etapa se realizó el acopio y registro de los RP, generando una base de datos y, en la segunda etapa se clasificó por grupos los RP de los diferentes laboratorios de docencia e investigación. Estas actividades han permitido identificar y cuantificar los residuos generados, encontrando que el mayor generador de RP químicos es el laboratorio G de Ingeniería Química y los laboratorios de Zeolitas y Físicoquímicos Investigación del Departamento de Posgrado, ubicados en el Laboratorio de Investigación Ingeniería Ambiental (LIIA).

Palabras clave: *Cuantificación, Identificación, Clasificación, Residuos peligrosos químicos.*

1. INTRODUCCIÓN

En México la base de la legislación ambiental se encuentra establecida en el Artículo 4o de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos promulgada en 1917 que establece: *Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar*, el Artículo 25° establece que *El Estado garantizará el respeto a este derecho, el daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley* [1]. De estos artículos emanan los siguientes ordenamientos: la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) y el reglamento de LGPGIR, así como diversas Normas Oficiales Mexicanas, las cuales regulan el manejo de los residuos y señalan como responsables directo de éstos a los que los generan [2], [3].

La LGPGIR define como *Residuo* al material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final. De igual forma define como *Residuos Peligrosos (RP)* a



aquellos que posean alguna de las características CRETIB, que significan: corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o biológico infecciosos; las cuales les confieren peligrosidad, así como a los envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan estado en contacto con éstos [4].

La LGPGIR define como generador a la persona física o moral que produce un residuo, a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo y considera tres categorías: Gran generador como aquel que genere una cantidad igual o superior a 10 t en peso bruto total de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida; Pequeño generador al que genere una cantidad igual o mayor a 400 kg y menor a 10 t en peso bruto total de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida; y Microgenerador el establecimiento industrial, comercial o de servicio que genere una cantidad de hasta 400 kg de RP al año o su equivalente en otra unidad de medida [3]. Esta Ley aplica a todo tipo de generadores, tanto empresas privadas, gubernamentales y educativas, las cuales tienen la obligación de identificar, clasificar y manejar sus RP de conformidad con las disposiciones contenidas en la misma, así como las NOM-052-SEMARNAT-2005 y NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002, emitidas por la SEMARNAT [4]- [6].

En este contexto legislativo, las instituciones de educación superior (IES) como el Instituto Tecnológico de Toluca (ITTol) que genera RP debido a la realización de las prácticas de docencia e investigación, podría considerarse Microgenerador y está obligado a cumplir la LGPGIR [3].

Conforme a lo anterior y debido a que en el ITTol se desconocen las cantidades y tipos de RP generados; en el presente trabajo se elaboró un diagnóstico de éstos, mediante su identificación y cuantificación, para posteriormente poder clasificarlos y establecer un procedimiento de manejo y control, que conduzca a su gestión integral y el cumplimiento de la LGPGIR.

2. METODOLOGÍA

En el ITTol se imparten ocho ingenierías (Industrial, Sistemas Computacionales, Química, Electrónica, Electromecánica, Mecatrónica, Gestión Empresarial y Logística) y tres posgrados (Maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental, Doctorado en Ciencias Ambientales, Maestría en Ciencias de la Ingeniería). En la primera etapa a todos los laboratorios se les solicitó en noviembre 2013 la entrega de sus RP, previamente identificados con una etiqueta y con un formato llenado. En el formato debía colocarse su descripción, estado físico, volumen o cantidad y, si se le había realizado algún tipo de tratamiento, su descripción. Después del acopio se compiló la información en una base de datos para iniciar el registro histórico de generación.

En la segunda etapa se clasificó por grupos los RP de los diferentes laboratorios de docencia e investigación, tomando como criterio de clasificación la Nota Técnica de Prevención NTP 480, del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España [7], la cual se muestra en la Tabla 1.



Tabla 1. Clasificación por grupos de residuos peligrosos en laboratorios universitarios y de investigación

Clasificación	Descripción de residuo
Grupo I: Disolventes halogenados	Los productos líquidos orgánicos que contienen más del 2% de algún halógeno. Se trata de productos muy tóxicos e irritantes y, en algún caso, cancerígenos. Se incluyen en este grupo también las mezclas de disolventes halogenados y no halogenados, siempre que el contenido en halógenos de la mezcla sea superior al 2%.
Grupo II: Disolventes no halogenados	Se clasifican aquí los líquidos orgánicos inflamables que contengan menos de un 2% en halógenos. Son productos inflamables y tóxicos y, entre ellos, se pueden citar los alcoholes, aldehídos, amidas, cetonas, ésteres, glicoles, hidrocarburos alifáticos, hidrocarburos aromáticos y nitrilos. Es importante, dentro de este grupo, evitar mezclas de disolventes que sean inmiscibles ya que la aparición de fases diferentes dificulta el tratamiento posterior.
Grupo III: Disoluciones acuosas	Este grupo corresponde a las soluciones acuosas de productos orgánicos e inorgánicos. Soluciones acuosas inorgánicas Soluciones acuosas orgánicas o de alta DQO
Grupo IV: Aceites	Este grupo corresponde a los aceites minerales derivados de operaciones de mantenimiento
Grupo V: Sólidos	Se clasifican en este grupo los productos químicos en estado sólido de naturaleza orgánica e inorgánica y el material desechable contaminado con productos químicos: Sólidos orgánicos, Sólidos inorgánicos, Material desechable contaminado
Grupo VI: Especiales	A este grupo pertenecen los productos químicos, sólidos o líquidos, que, por su elevada peligrosidad, no deben ser incluidos en ninguno de los otros grupos, así como los reactivos puros obsoletos o caducados, así como compuestos no identificados. Estos productos no deben mezclarse entre sí ni con residuos de los otros grupos.

Fuente: [7]

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Actualmente el ITTol cuenta con 35 laboratorios de docencia, una mini planta termoeléctrica y 10 laboratorios de investigación; del total de éstos solo tres laboratorios de la carrera de Ingeniería Química (N, G y J) y los laboratorios de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental y Doctorado en Ciencias Ambientales, ubicados en el Laboratorio de Investigación Ingeniería Ambiental (LIIA), entregaron en el mes de noviembre del 2013 sus RP, los cuales en algunos casos habían estado almacenados por más de un año.

El total de RP químicos fue de 290.28 L y 9.08 kg. En la Figura 1 se muestra que la mayoría de los residuos se registraron en unidades de volumen, debido a su estado líquido. El laboratorio G fue el que generó la mayor cantidad de



RP químicos dentro de los laboratorios de docencia, debido a que en él se realizan prácticas de las materias: Química Analítica, Química Orgánica y Análisis Instrumental entre otras; donde los alumnos preparan disoluciones acuosas para diferentes tipos de análisis volumétricos, gravimétricos y/o instrumentales, así como la síntesis de compuestos orgánicos. Le siguen en generación el laboratorio J, donde se realizan prácticas específicas de Operaciones Unitarias y, el laboratorio N donde se llevan a cabo prácticas de Química general y Termodinámica. De los laboratorios de investigación, los que mayor cantidad generaron fueron Fisicoquímicos Investigación y Zeolitas.

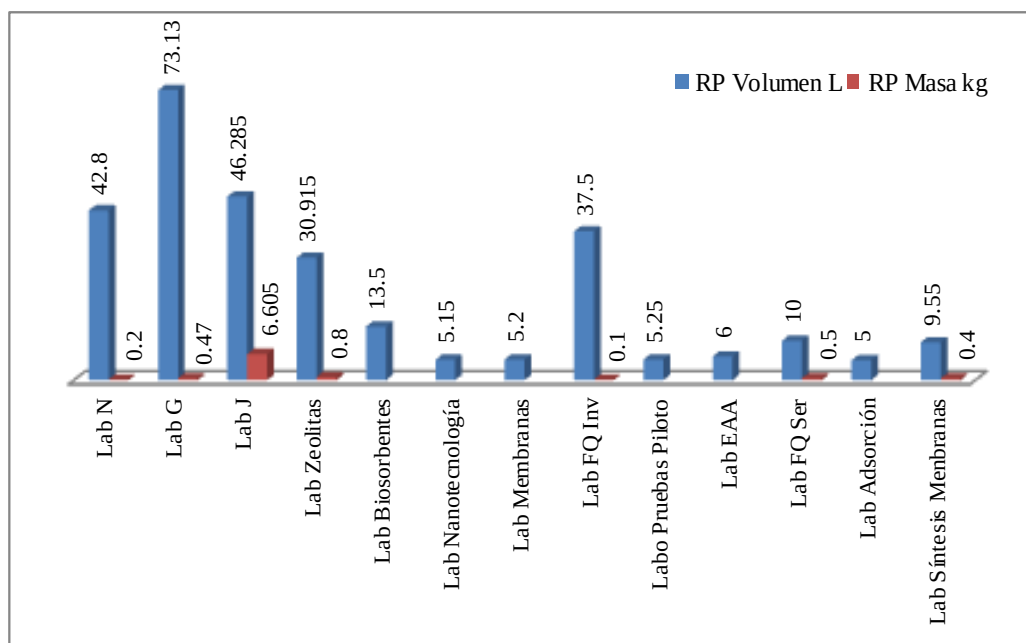


Figura 1. RP químicos acopiados en 2013 de los laboratorios del ITTol.

Considerando las propiedades fisicoquímicas que contempla la NTP 480, el grupo III fue la clasificación que mayor porcentaje de RP químicos agrupó en unidades de volumen; lo cual se atribuye a las actividades de preparación de disoluciones acuosas orgánicas e inorgánicas, que se realizan en mayor proporción tanto para el aprendizaje de los estudiantes en los laboratorios de docencia, como en los de investigación. El grupo VI, en ambas unidades de medida, presentó una atribución importante, ésto fue debido a que en este grupo se incluyeron aquellos RP cuya identificación no fue específica; por ejemplo “líquido transparente”, “sólido blanco”, “residuos agroquímicos” entre otros; lo anterior es resultado de una identificación inapropiada en el momento de su generación o por el inadecuado manejo de los mismos.

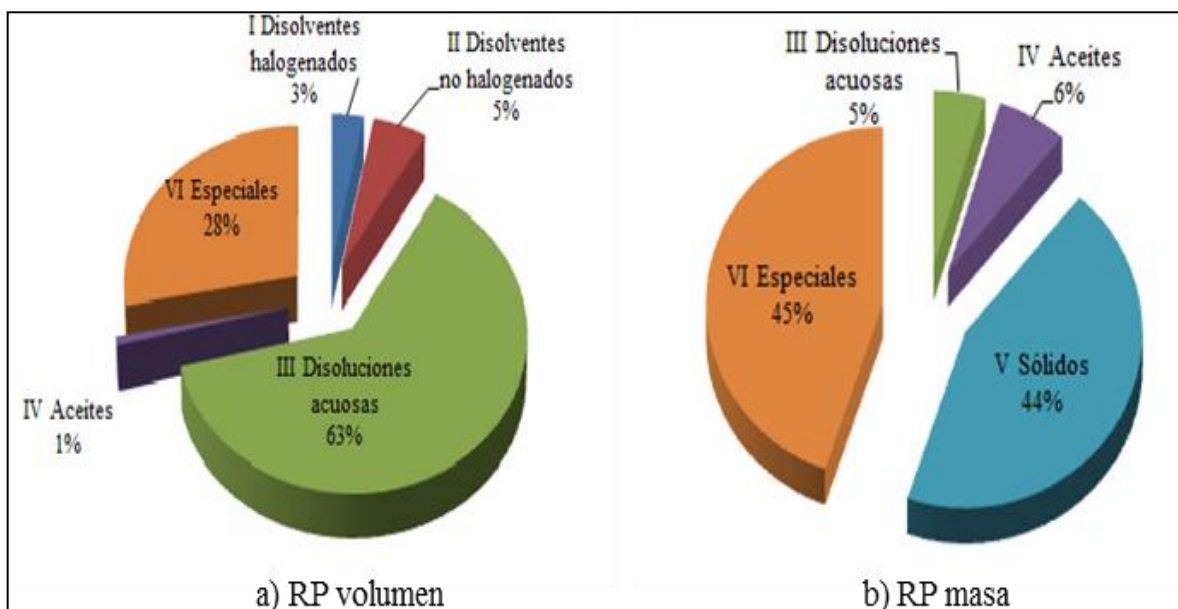


Figura 2. Clasificación de RP químicos según la NTP 480.

4. CONCLUSIONES

Es necesario tomar acciones desde la capacitación para el llenado correcto de los formatos de acopio para la clasificación de los RP químicos brinde información más confiable.

Se requiere cumplir con las buenas prácticas y promover la minimización de los RP químicos en los laboratorios tanto de docencia e investigación, especialmente en los laboratorios G, J, N, Físicoquímicos Investigación y Zeolitas.

Es imperativo estructurar el programa de manejo y disposición de RP para el ITTol, con el fin de que a través de la gestión integral se pueda cumplir con la legislación ambiental vigente y se fomente el cuidado al medio ambiente.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. 1917. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de febrero de 1917. Última reforma publica el 10 de febrero del 2014. (Consultado el 24 de junio de 2014). <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/htm/1.htm>
- [2] DOF (DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN). 2014a. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988. Última reforma publicada el 16 de enero del 2014. (Consultado el 24 de junio de 2014). <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/148.pdf>
- [3] DOF (DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN). 2014b. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de octubre de 2003. Última reforma publicada el 10 de marzo del 2014. (Consultado el 24 de junio de 2014). <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/263.pdf>
- [4] DOF (DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN). 2005. NOM-052-SEMARNAT-2005. Que establece las características, el procedimiento de identificación y los listados de los residuos peligrosos. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de junio de 2006. (Consultado el 24 de junio de 2014). <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD02/DO2282.pdf>
- [5] DOF (DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN). 2002. NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002. Protección ambiental-Salud ambiental - Residuos peligrosos biológico-infecciosos. Clasificación y especificaciones de manejo. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de abril de 2003. (Consultado el 24 de junio de 2014). <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD02/DO704.pdf>
- [6] SEMARNAT (SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES). 2014. NOMS EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS. (Consultado el 27 de junio de 2014). <http://www.semarnat.gob.mx/leyes-y-normas/nom-residuos-peligrosos>
- [7] Clavero Subías J.M., Ysern Comas P., Gallego Peire B., Travesa Aijon F., Gadea Carrera E., Guardino Sola X. 2005. *NTP 480: La Gestión de los residuos peligrosos en los laboratorios universitarios y de investigación*. Notas Técnicas. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, España. (Consultado el 27 de junio de 2014). <http://www.insht.es/>

[Índice](#)



Análisis comparativo de la Generación de Residuos Sólidos en dos IES en México

¹José Gpe. Melero Oláquez, ²Carolina Armijo de Vega, ¹Dora A. Hernández Martínez, ³José de Jesús Melero, ²Sara Ojeda-Benítez.

¹ Instituto Tecnológico de Mexicali. Av. Tecnológico S/N
Col. Elías Calles, Mexicali, B.C., (686)580 4980. brechista@gmail.com.

²Instituto de Ingeniería U.A.B.C.

³Estudiante Ingeniería CETYS, Universidad.

RESUMEN

Este trabajo muestra los resultados que arrojó la caracterización de los residuos sólidos en dos universidades en Baja California, México. Se presentan en cuatro etapas: 1) Generación por institución, 2) generación por áreas, 3) captura y análisis de datos y 4) determinación del potencial de reciclaje. Para el campus uno de la UABC, el promedio de residuos sólidos generados son de 1,000 kg diarios con una población estimada en 6,500 personas. Para el Instituto Tecnológico de Mexicali se estimó una generación diaria de 280 kg, este cuenta con una población estimada de 3,000 personas incluyendo en ambas instituciones; estudiantes, docentes y administrativos. El potencial de reciclaje de los residuos generados en ambas instituciones es más del 65% del total, lo cual muestra una área de oportunidad que tienen ambas instituciones para realizar un manejo integral de sus residuos para reducirlos, acopiarlos y enviarlos al mercado de los reciclables, además de que cumplan con la legislación vigente antes de enviarlos a su disposición final.

Palabras Clave: *Caracterización, Disposición final, Manejo integral residuos, Potencial reciclaje.*

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el interés que tienen las IES de contar con un manejo integral de los residuos sólidos se debe a que en muchas de estas, la matrícula se ha extendido en forma significativa por lo que el manejo de los RS presenta retos importantes tales como una legislación adecuada, problemas económicos, infraestructura inadecuada, entre otros. Además, la generación de residuos que hasta hace pocos años no se tomaban en cuenta, actualmente presentan un incremento significativo, tales como los teléfonos celulares y la gran variedad de dispositivos electrónicos [1], muchos de estos son desechados al menos una vez al año. Los ahorros que se generan por realizar acciones que se ven sencillas (usar las hojas de papel por los lados, por ejemplo), acumulados en un año y teniendo en cuenta la población total de cada IE, resultan significativas [2]. El primer paso para realizar planes de manejo de los RS es llevar a cabo un estudio de cuantificación y caracterización de estos, con datos tales como residuos totales generados diariamente en todas las áreas significativas de la IES, residuos con potencial de reciclaje, de composteo y de reducción permitirán la creación de un programa de gestión integral de los residuos [3] debe incluir un estudio de factibilidad económica [4].

Lo anterior supone tener una estructura organizacional de acopio/reciclaje consistente y accesible, promover la sustentabilidad tanto en el proceso enseñanza-aprendizaje como en la investigación y contar con una estructura organizacional no vertical [5] que permita crear las condiciones adecuadas para que las iniciativas de sustentabilidad se lleven a cabo, además de la integración de todas las dependencias que intervienen en la planeación y toma de decisiones. Las IES como agentes de cambio y centros de desarrollo contribuyen con estudiantes en activo y graduados y, junto con los docentes, fortalecen el papel de la universidad como una sociedad para generar conocimiento que las empresas



públicas y privadas patrocinan para obtener beneficios mutuos [6] lo cual contribuye a establecer y-o desarrollar economías, favorece la implementación de políticas de competitividad global - ISO14000 -, además de estar en concordancia con las leyes locales, estatales y federales [7]. El progreso en las acciones que se realizan sobre la gestión de los RSU en una IES son los indicadores de sustentabilidad que permitirán su consolidación y mejoramiento [8].

2. METODOLOGÍA

Este trabajo se realizó en dos Instituciones de Educación Superior, una Universidad pública (Universidad Autónoma de Baja California - UABC -) y un Instituto Tecnológico Federal (Instituto Tecnológico de Mexicali - ITM -).

La UABC, está conformada por cinco campus en el Estado de Baja California; Ensenada, Tijuana, Tecate, Valle de las Palmas y Mexicali. El estudio de caracterización y cuantificación se llevó a cabo solo en el campus Mexicali 1, este cuenta con cuatro facultades, su población estimada es de 6,500 miembros entre alumnos, docentes y personal administrativo.

El ITM, es parte de la Dirección General de Educación Superior que cuenta con 261 Institutos Tecnológicos en México con una población aproximada de 440,000 alumnos. Para el caso de este estudio, el ITM cuenta con una población de aproximadamente 3,000 alumnos, 234 docentes y 72 asistentes a la educación (administrativos y servicios generales). La comparación de generación de residuos sólidos para ambas instituciones, se llevó a cabo en cuatro etapas: 1) Generación por Institución, 2) Generación por áreas, 3) Captura y análisis de datos y, 4) Determinación del potencial de reciclaje.

2.1 Generación de residuos en cada institución

En ninguna de las dos instituciones existían datos anteriores sobre la generación de sus residuos sólidos, por lo que era importante conocerlos y a partir de allí, aportar soluciones de manejo. El estimado de generación diaria se obtuvo con base a un promedio de los residuos sólidos que se recolectaron en el campus de la UABC por una compañía privada y en el ITM por los trabajadores de servicios generales de la propia institución.

2.2 Caracterización de residuos por área en cada institución

En ambas instituciones se realizó la caracterización en tres áreas diferentes: (1) Edificios académicos y administrativos (incluyendo los laboratorios, las áreas comunes techadas en las cercanías de cada edificio y los pasillos), (2) Jardines y (3) Centro comunitario (en el caso del ITM, solo cuenta con una cafetería con capacidad para 200 comensales). Estas tres áreas representan la mayor cobertura de actividades de los miembros de estas instituciones. También, en ambas, se usó la metodología modificada para residuos sólidos domésticos (considerados como urbanos) propuesta por Ojeda-Benítez y cols. [9] en los proyectos que han realizado sobre este tema.

2.3 Campus UABC

El estudio se realizó en dos etapas; 1) Se pesó el camión recolector durante 45 ocasiones para conocer el peso total de los residuos que se generan, 2) La caracterización se llevó a cabo durante 12 días consecutivos tomando en cuenta tres puntos representativos del campus.

2.4 ITM

El estudio se realizó en tres etapas; 1) Se pesó el total de los residuos durante cinco días consecutivos, 2) Durante los siguientes 10 días se caracterizó el total de los residuos que se generan en toda la institución y 3) El análisis de los datos fue estructurado con las categorías y sub-categorías de acuerdo a la NMX-AA-022-1985, modificada por Ojeda-Benítez y cols[10].



2.5 Captura y análisis de datos obtenidos como resultado de la caracterización.

La captura, el registro y el posterior análisis de los datos recabados fue estructurada con las categorías y subcategorías adaptadas de Ojeda-Benítez y cols. [9].

2.6 Potencial de reciclaje que tiene cada institución

En cada institución se clasificaron cada una de las sub-categorías con potencial de reciclaje las cuales se subdividieron en: 1) los residuos en los cuales existe un mercado de reciclaje local, 2) los residuos reciclables para los cuales no existe un mercado local y, 3) los residuos no reciclables.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los promedios de residuos sólidos generados para UABC son de una ton/día y en el ITM son de 280.51 kg. En la UABC el camión recolector diariamente transporta los residuos al relleno sanitario, en el ITM, los residuos son transportados por el personal de servicios generales de la institución a un depósito temporal y el servicio de limpia municipal lo recoge dos veces por semana.

La caracterización y cuantificación de los residuos generados en las tres áreas significativas de ambas instituciones (Tabla 1) muestran que el mayor porcentaje de residuos generados antropogénicamente son los residuos sanitarios, el papel/cartón y el plástico, de los cuales, los dos últimos son susceptibles a ser incluidos en el mercado de los recuperables.

Tabla 1 composición (%) de los residuos generados en ambas instituciones.

Categoría	Edificios (%)		Jardines (%)		Centro Comunitario (%)	
	UABC	ITM	UABC	ITM	UABC	ITM
Papel y cartón	43.60	23.30	7.50	0	23.30	0
Plásticos	6.70	20.06	3.00	0	8.20	33.89
Metales	2.50	3.32	0.40	0	4.50	0
Vidrio	3.60	1.87	1.70	0	4.60	0
Orgánicos	10.20	16.85	80.00	95.76	54.10	60.36
Construcción	1.80	0.65	0.20	4.24	1.90	0
Peligrosos	0.30	0.45	0.20	0	0	0
Otros	31.30	33.50	7.00	0	3.40	5.75
Total	100.00		100.00		100.00	

3.1 Potencial de reciclaje

La figura 1 muestra los porcentajes de residuos (reciclables, con potencial de reciclaje y los no-reciclables) en ambas instituciones.

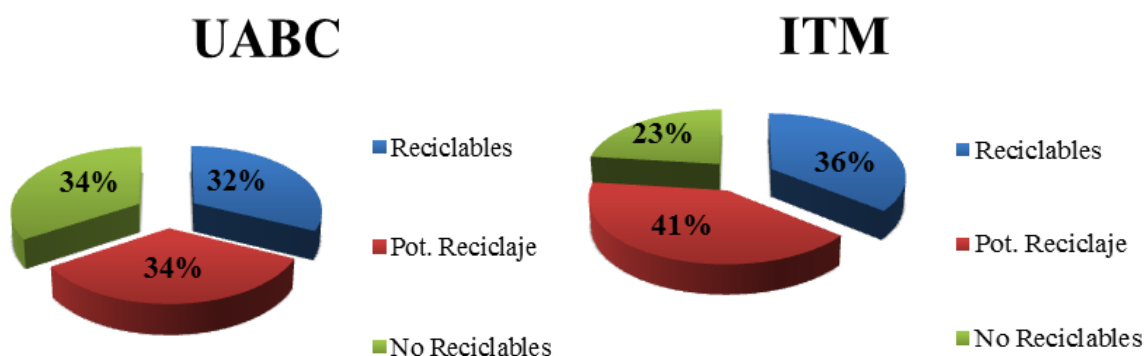


Figura 1. Porcentajes de residuos de acuerdo a las categorías de reciclaje

Tal como lo muestra la figura anterior, los residuos sólidos que se generan en ambas instituciones son muy similares en cuanto al porcentaje de composición de las categorías analizadas.

La caracterización en ambas instituciones permitió ver aspectos importantes como:

- un alto potencial de recuperación de residuos que son susceptibles a ser reciclados,
- a través de programas como el servicio social, los estudiantes involucrados, toman mayor conciencia de la problemática ambiental y actúan como multiplicadores en la búsqueda de soluciones,
- el reto que implica entre los empleados, principalmente, mantener un programa de manejo integral de estos residuos, y
- las posibilidades de crecer en el manejo integral de los residuos sólidos en las instituciones, es significativamente alta.

En ambas instituciones, el porcentaje menor corresponde a los residuos no reciclables.

3.2 Análisis según la fuente de generación de los residuos

a.- Residuos generados en edificios

En ambas instituciones, la generación de papel bond tanto en los edificios administrativos como en los edificios académicos es alta, el papel puede ser reusado, sin embargo solo se usa por un solo lado. Aun no existen programas de promoción del uso del papel por ambos lados, que en el mejor de los casos pudiera reducirse el uso de este a la mitad, tal como lo propone el Fondo Mexicano para la conservación de la naturaleza [11]. Otro residuo que se puede reciclar es el PET, ambas instituciones generan este tipo de residuos, pero no existe un programa de separación para su envío al reciclado, además en la localidad el mercado para los reciclables de este tipo de residuos no es constante, lo cual complica la puesta en marcha de un programa de separación. Si los miembros de ambas instituciones estuvieran comprometidos con una cultura ambiental, se pudiera llegar a reducir aproximadamente un 60% los residuos que son depositados en el relleno sanitario. Prácticamente los únicos residuos no reciclables son los residuos sanitarios, estos representan una tercera parte del total de los residuos generados en los edificios.

b.- Residuos generados en los jardines

Como es natural, el porcentaje más alto de residuos encontrados en los jardines son orgánicos, esto es, restos de plantas, pequeñas ramas y residuos de la poda de los jardines, ocasionalmente se encuentran en ellos restos de construcción y



papel o cartón, pero en muy pequeñas proporciones. Los residuos orgánicos tienen un potencial significativo para producir composta [12], en los mismos campos de ambas instituciones, esta se puede llevar a cabo con estudiantes tanto de servicio social como voluntarios y con académicos comprometidos con el medio ambiente. Actualmente ambas instituciones cuentan con carreras que necesariamente llevan una formación ambiental en su retícula por lo que resulta sencillo y práctico involucrar a estudiantes y académicos en la producción de composta, la cual se puede vender y así obtener un beneficio económico que puede ayudar a obtener algunos beneficios para los mismos estudiantes, tales como material para laboratorios, apoyo para viajes de estudio y participaciones en congresos.

c.- Residuos generados en el centro comunitario

En la UABC, el centro comunitario se compone de cafetería, papelería, banco, caja, entre otros, por lo que la generación de residuos se da en forma diferente que en el ITM, pues en esta institución el centro comunitario es compuesto solamente de la cafetería. Como es natural en un lugar donde hay cafetería, la mayor parte de los residuos encontrados en el centro comunitario de la UABC fueron orgánicos, pero por sus características, también se encontró un considerable porcentaje de papel, las demás categorías no son tan significativas. En el ITM, aunque es el lugar en donde se adquieren los envases con agua, los resultados muestran que no se desechan en la cafetería sino en los depósitos ubicados en los edificios académicos, también un porcentaje significativo de orgánicos (cerca del 60 %) es generado en la cafetería por lo que este lugar es propicio para coleccionar estos y producir composta.

En la ciudad de Mexicali se tiene la oportunidad de usar la composta tanto en las áreas verdes de las propias instituciones como en los jardines de las casas-habitación particulares, así como en los campos agrícolas que rodean la ciudad.

4. CONCLUSIONES

La caracterización realizada mostró que los RS que genera una IES provienen principalmente de los alumnos, tanto los docentes como los administrativos en muchos de los casos llevan a la institución sus propios alimentos en envases de plástico no desechables, al igual que los envases para agua, además de que para tomar bebidas calientes cuentan con tazas de cerámica. Los alumnos en cambio por practicidad usan vasos, envases y botellas que desechan en cuanto no les son útiles, de esa forma además, no les representa un peso que cargar.

- La composición de los RS que se generan en una IES son, esencialmente, botellas de plástico para agua (PET 1) y papel/cartón, este último generado en su mayoría en los edificios administrativos de cada institución.
- Las categorías de recuperación para ambas instituciones esencialmente son tres: 1) papel/cartón, 2) plásticos y 3) orgánicos. En la región, el mercado de los recuperables solo acepta el papel/cartón en forma masiva, el plástico (PET 1) solo en ciertas ocasiones y en el caso de los orgánicos, estos se recuperan para obtener composta y generalmente esta actividad la realizan principalmente instituciones educativas como una forma de educar ambientalmente a sus alumnos, pero no en forma sistemática. En el uso del PET y los orgánicos, ambas instituciones tienen un área de oportunidad para realizar investigaciones que no resulten costosas para ellas.
- Actualmente, las Instituciones de Educación Superior (IES) están buscando obtener la certificación ambiental ISO 14000 por lo que estos estudios de caracterización contribuirán de manera significativa a la obtención de ésta. Cada una de las IES, dentro de su ámbito de competencia y responsabilidad y como formadoras de profesionistas que se integrarán a las actividades productivas después de concluida su carrera, tienen el deber de conocer y promover los procesos ambientales y acatar las leyes sobre medio ambiente tal como lo dicta el principio 11 de la carta de Río: *“Las normas, los objetivos de ordenación y las prioridades ambientales deberían reflejar el contexto ambiental y de*



desarrollo al que se aplican” [13]. El manejo integral de los residuos sólidos en una IES es tarea de todos, no solo de las autoridades administrativas y académicas por lo que resulta significativo el sumar los esfuerzos de todos los miembros de la Institución.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ongondo, F.O., Williams I.D. 2011. Greening academia: Use and disposal of mobile phones among university students. *Waste Management*. Vol. 31(7). Pp. 1617-1634.
- [2] Amutenya, N., Shackleton, C., Whittington-Jones, K. 2008. Paper recycling patterns and potential interventions in the education sector: A case study of paper streams at Rhodes University, South Africa. *Resources, Conservation and Recycling*. Vol. 53(5). Pp. 237-242.
- [3] Armijo de Vega, C., Ojeda-Benítez, S., Ramírez-Barreto, E., Quintanilla-Montoya, A. 2006. Potencial de reciclaje de los residuos de una institución de educación superior: el caso de la Universidad Autónoma de Baja California. *Redalyc*. Vol. 10(3). Pp. 13-21
- [4] Canchari, G., Ortiz, O. 2008. Valorización de los residuos sólidos en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. *Revista del Instituto de Investigaciones de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*. Vol. 11(21). Pp. 95-99.
- [5] Alshuwaikhat, H., Abubakar, I. 2008. An integrated approach to achieving campus sustainability: assessment of the current campus environmental management practices. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 16(16). Pp. 1777-1785.
- [6] Hansen, J., Lehmann M. 2006. Agents of change: universities as development hubs. *Journal of Cleaner Production*. Denmark. Vol. 14(9-11). Pp. 820-829.
- [7] Savely, S., Carson, A., Delclos, G. 2006. An environmental management system implementation model for U.S. colleges and universities. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 15(7). Pp. 660-670.
- [8] Espinosa, R., De la Torre, A., Vázquez, A. Vázquez, C. 2011. “separación” a siete años de su nacimiento: los avances hacia la consolidación. *Redisa. IV Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos Sólidos*. Pp. 660-664.
- [9] Ojeda-Benítez S., Armijo-de Vega, C., Ramírez-Barreto, E. 2003. “Characterization and quantification of household solid wastes in a Mexican city,” *Resources, Conservation and Recycling*. Vol. 39(3). Pp 211-222.
- [10] Ojeda-Benítez S., Armijo-de Vega, C., Ramírez-Barreto, E. 2000. The potential for recycling household waste: a case study from Mexicali, Mexico. *Environment and Urbanization*. Vol. 12(2) Pp. 163-173.
- [11] Fondo Mexicano para la conservación de la naturaleza. 2012. Consultado 30 Julio 2012 en: <http://fmcn.org/wp-content/uploads/2012/02/ModelodelastresR.pdf>
- [12] Ecocampus Alcalá. Universidad de Alcalá, 2012. Consultado 28 Julio 2012 en: <http://www.uah.es/universidad/ecocampus/documentos/A122ProyectoCompostaje.pdf>
- [13] Declaración de Río. <http://www.wamani.aoc.org/docs/dec-rio92.html>

[Indice](#)



Manejo integral de Residuos Sólidos Urbanos en la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología.

¹Sergio Enrique Nájera Esquivel, ¹Diana Gisela Pérez González

¹Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología del IPN. Avenida Acueducto s/n
Colonia Barrio La Laguna Ticomán Código Postal 07340, Delegación Gustavo A. Madero,
Distrito Federal, México. Tel. 5729-6000 ext. 56476 sernajera@yahoo.com.mx

RESUMEN

Actualmente el manejo de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en México presenta graves problemas debido entre otros asuntos, al gran volumen con que se generan y al tiempo que se necesita para su degradación, lo que dificulta la reducción de volumen en los rellenos sanitarios y limita los beneficios ambientales, sociales y económicos que pudieran obtenerse por su manejo. Durante los últimos seis años, en la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología del Instituto Politécnico Nacional (UPIBI-IPN) se han desarrollado múltiples acciones encaminadas a manejar integralmente estos residuos que se generan dentro de sus instalaciones como son, el estudio de la generación de dichos residuos, la elaboración de su plan de manejo, la definición de las distintas fracciones a separar desde su origen por parte de las poblaciones estudiantil, docente, administrativa y de intendencia, determinación del tamaño de cada contenedor de acuerdo a la fracción a separar, capacitación de la comunidad, reducción del volumen de los RSU que envía esta escuela a los rellenos sanitarios a partir de la reutilización de las botellas de Tereftalato de Polietileno (PET) con beneficios sustentables medibles, composteo de todos los residuos de jardinería, envío a reciclaje del papel, cartón, tetra pak, botellas de PET y de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) y el más reciente es el estudio para medir la eficiencia en la separación. También se ha trabajado con los centros escolares que rodean a la UPIBI-IPN mediante la elaboración de estudios de generación y planes de manejo a escuelas de distintos niveles, para fomentar no sólo una gestión adecuada de estos residuos, sino influir en los hábitos de consumo.

Palabras clave: Capacitación, Composteo, Estudio de Generación, Reciclaje y Reutilización

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente el manejo de los RSU en México presenta graves problemas debido al gran volumen con que se generan y al tiempo que se necesita para su degradación, lo que dificulta la reducción de volumen en los rellenos sanitarios y limita los beneficios ambientales, sociales y económicos que pudieran obtenerse por su manejo. Además, se debe tomar en cuenta el crecimiento poblacional, la falta de acciones de reciclaje, el incremento del consumo, los nuevos materiales que se fabrican para el empaque de nuevos productos, etc. En este proyecto se midieron las tres características de los residuos sólidos urbanos que se utilizan para dimensionar las instalaciones de un relleno sanitario, el equipo de recolección, el tamaño de la estación de transferencia, la planta de tratamiento a emplear, entre otros es decir, a la generación per cápita (gpc), peso volumétrico (pv), y composición [1].

Para atender los temas relacionados con el ambiente, en el Instituto Politécnico Nacional existe la Coordinación Politécnica para la Sustentabilidad, que en el año de 2008 creó los Comités Ambientales Escolares en cada una de las escuelas, centros de investigación y áreas administrativas del propio Instituto. En particular, la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, conformó su Comité Ambiental Escolar desde el año antes mencionado y que está presidido por la Dirección de la escuela e integrado por los jefes de Departamento Académico, personal administrativo, docentes y estudiantes de los cinco planes de estudio que se ofertan en la UPIBI: Ingeniería en Alimentos, Ingeniería



Ambiental, Ingeniería Biomédica, Ingeniería Biotecnológica e Ingeniería Farmacéutica. A través de este personal se ha logrado cumplir con el siguiente objetivo.

2. OBJETIVO

Manejar adecuadamente los residuos sólidos urbanos que se generan en la UPIBI-IPN utilizando indicadores de sustentabilidad.

3. METODOLOGIA

De acuerdo a las acciones que se describen en la NMX-AA-61-1985, “Protección al ambiente-contaminación del suelo-residuos sólidos municipales-determinación de la generación”, Se realizó la recolección y separación de los RSU de la UPIBI de acuerdo a la siguiente clasificación.

- Residuos alimenticios
- Residuos de Jardinería
- Madera
- Tereftalato de Polietileno
- Polietileno de alta densidad
- Poliestireno expandido
- Otros plásticos
- Metal
- Vidrio
- Envases Tetra-pack
- Cartón
- Papel Bond
- Periódico
- Residuos Sanitarios
- Textil
- Colillas de cigarros
- Pilas / baterías
- Bolsas de frituras metalizadas en su interior
- Otros

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del 24 al 28 de marzo de 2008 se realizó el primer estudio de generación de los RSU que se generan en la UPIBI. La Figura 1, corresponde a la composición de dichos residuos encontrados en la UPIBI.

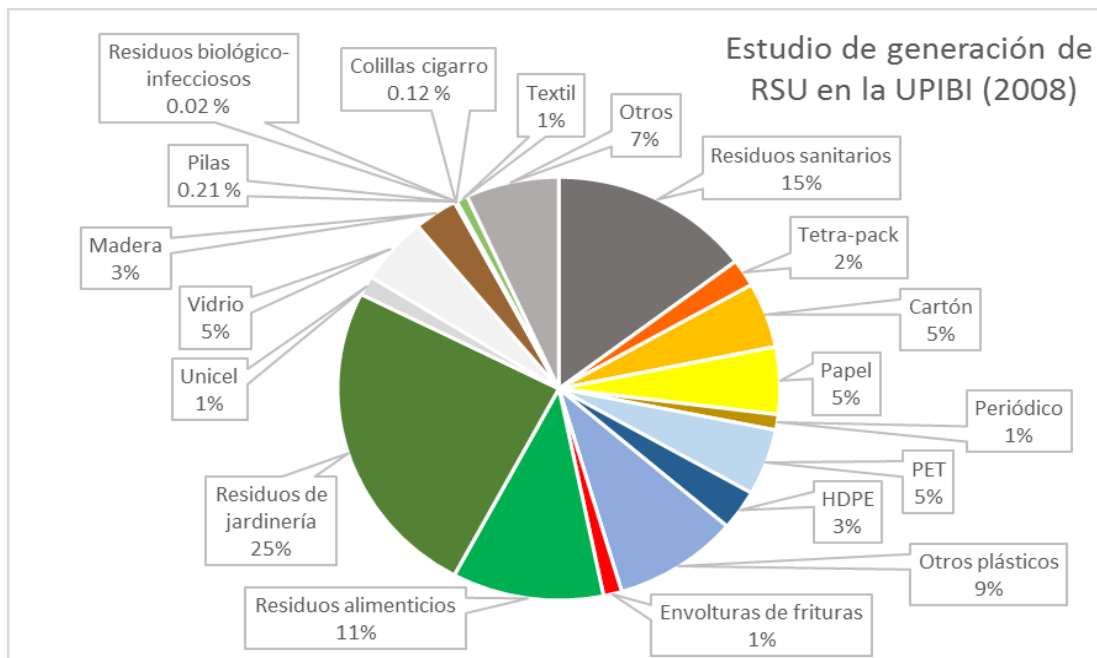


Figura 1. Estudio de generación de los RSU

De acuerdo con el estudio de generación presentado en la figura 1, podemos observar que la mayor cantidad de los RSU pertenece a los residuos de jardinería (25 %) y residuos alimenticios (11 %) debido al mantenimiento de las áreas verdes y al consumo de productos alimenticios que requieren las personas. Por otra parte los residuos inorgánicos en mayor cantidad son los plásticos en sus diferentes tipos (PET, PEAD y poliestireno expandido o Unicel y otros plásticos (en total 18 %). El papel higiénico representó el 15% del peso total y finalmente el papel y el cartón aportan un 9%.

Posteriormente, se analizó dicho estudio de generación y se obtuvo información complementaria para estructurar el plan de manejo integral de residuos sólidos urbanos de la UPIBI – IPN, el cual es el instrumento de gestión integral de los RSU, que contiene el conjunto de acciones y procedimientos para facilitar el acopio y las disposiciones de productos de consumo que al desecharse se convierten en RSU. Las propuestas que emanan de dicho análisis consideraron la minimización, el reutilización y reciclaje como puntos clave a atender en cada uno de los distintos residuos.

Las líneas estratégicas del plan de manejo de residuos sólidos que se implementaron en la UPIBI fueron seis como a continuación se presentan [2]:

1. Minimizar su generación.
2. Colocar los RSU en contenedores adecuados, según la cantidad y el punto de generación.
3. Separar los residuos desde el origen.
4. Fomentar el reúso de los residuos en la comunidad de la UPIBI.
5. Facilitar su reciclaje.
6. Educar a los diferentes sectores de la UPIBI en la cultura del manejo adecuado de los RSU



4.1 Minimización de los RSU.

A lo largo de los años se han buscado soluciones con la finalidad de minimizar los RSU que se generan; basándonos en encuestas, se propusieron las siguientes actividades:

- Colocar garrafones de agua purificada para que se reutilicen las botellas de agua comercial con una cuota mínima de recuperación.
- Utilizar los residuos de jardinería para generar composta.

4.2 Adaptación de contenedores para los RSU.

Cabe recordar que el primer estudio de generación en laUPIBI fue en el 2008, periodo en que existían sólo contenedores verdes y blancos como se muestra en la figura 2.



Figura 2. Estado de los contenedores en el año 2008

Con base a los resultados obtenidos en el estudio de generación del año 2008 y a las condiciones que presentaban los contenedores en esa época (figura 2) se realizó la adecuación de los diversos contenedores que se coloraron en la escuela, gracias a la cooperación de estudiantes de la unidad, se pintaron, se agregaron las señalizaciones necesarias y fueron colocados en lugares que se denominaron “Sitio de Separación Inteligente” (figura 3). Además, en junio de 2013, se dio un paso importante al retirar los contenedores de basura de los salones, siguiendo una orden girada por la Dirección de Servicios Generales del IPN, con el fin de que la comunidad separe sus residuos en lugares específicos en lugar de revolverlos en los botes que normalmente se encuentran en los salones de clases.



Figura 3. Sitio de Separación Inteligente (2014)

4.3 Capacitación para la adecuada separación de los RSU

Periódicamente se pasa a los distintos salones de la UPIBI, al edificio de Planta Piloto y al Edificio de Gobierno para informar sobre el uso adecuado de los contenedores que existen en los sitios de separación inteligente (figura 3) por medio de una dinámica, la cual consiste en otorgarle al público diferentes tipos de RSU para que los identifiquen y los coloquen en el contenedor que consideren el correcto, posteriormente, se les muestra en donde deben ir cada uno de los residuos, y algunas recomendaciones a seguir para clasificarlos con mayor facilidad.

El material didáctico empleado son cartulinas decoradas como los colores de cada contenedor que se localiza en la UPIBI, estas cartulinas cuentan con pequeños trozos de velcro, para pegar en ellos algunas imágenes de residuos (PET, papel, botellas de aluminio, envases de tetra pak, etc.) los cuales a su vez llevaban adherido un trozo de velcro y de ésta manera, se puede pegar los RSU al contenedor donde cree debe depositarse (figura 4).



Figura 4. Capacitación de la comunidad para la separación adecuada de los RSU

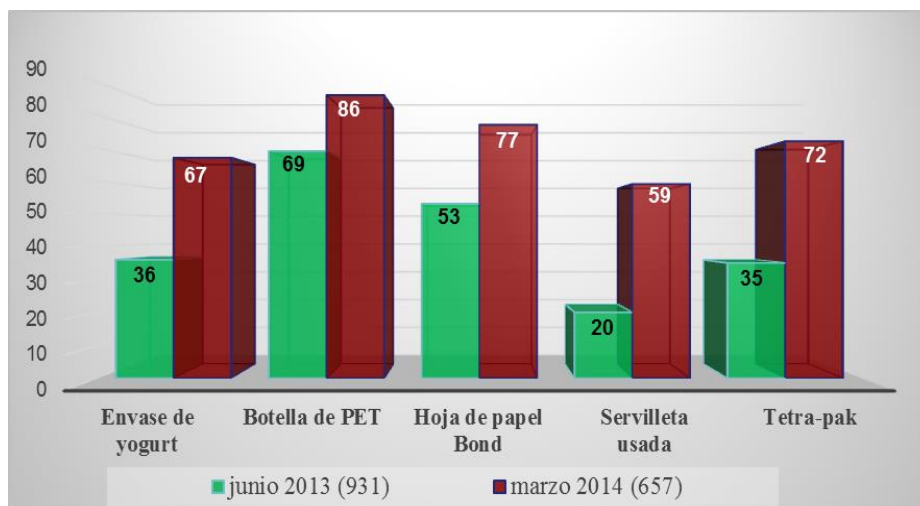


Figura 5. Porcentaje en la eficiencia de separación de RSU



5. CONCLUSIONES

En el presente trabajo, se muestran las experiencias que se han adquirido a través de este tiempo, en donde cada vez se consigue crear más amplias y sólidas redes para integrar a la comunidad estudiantil, docente y administrativa de la UPIBI y del IPN, del sector gubernamental, de las organizaciones civiles. Con la realización de este proyecto se logró fomentar una conciencia ambiental, de reutilización, clasificación y reciclaje, además de obtener beneficios económicos para la comunidad [3]. Por otro lado, la eficiencia en la separación de los residuos cada vez aumenta como se puede observar en los resultados de las encuestas graficadas en figura 5, donde se aprecia la diferencia entre los resultados obtenidos en el año 2013, contra lo hallado en 2014, en donde se pusieron en práctica los conocimientos de la comunidad de la UPIBI en la separación de los residuos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] INECC. SEMARNAT, Diagnóstico básico para la gestión Integral de los residuos, (2012) SEMARNAT, Ciudad de México. Páginas 201.
- [2] Di pace, M. y Crojethovich, A. La sustentabilidad ecológica en la gestión de los RSU. Indicadores para la región Metropolitana de Buenos Aires, San Miguel: Instituto de Conurbano, Universidad Nacional de General Sarmiento, 1999.
- [3] ICLEI Manual de planificación para la agenda una introducción a la planificación para el desarrollo sostenible. International Council for Local Environmental Initiatives, 1996.

[Indice](#)



Manejo de los Medicamentos Veterinarios Caducos en la Ciudad de México

¹Ana Belem Piña Guzmán, ¹Laura Beatriz Monroy Ceja, ¹Lenin Tejedor Tejedor, ¹Fabián Robles Martínez

¹Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, Instituto Politécnico Nacional
Av. Acueducto, S/N – Barrio La Laguna-Ticomán, Delegación Gustavo A. Madero, Distrito Federal.
C.P. 07340, México Tel.: +52(55)5729-6000 Ext: 56470 – Fax: 56305. e-mail: apinag@ipn.mx

RESUMEN

Los medicamentos vencidos y fuera de norma representan no sólo un riesgo para el ambiente, sino también un riesgo para la salud. De acuerdo con la Food and Drug Administration (FDA), los medicamentos caducos no deben ser desechados en la basura, sino depositados en sitios de disposición final de forma segura. El objetivo de este trabajo es aportar información sobre el manejo actual de los medicamentos caducos de establecimientos veterinarios en el Distrito Federal (D.F.). Se aplicó una encuesta (10 preguntas) a propietarios y encargados de veterinarias ubicadas en distintas delegaciones de la Ciudad de México (D.F.). El estudio reveló que la totalidad de los encuestados (100%) está consciente que su establecimiento genera diversos tipos de residuos peligrosos, incluyendo los medicamentos caducos. De ellos, el 32% aceptó que al menos en una ocasión se les caducó algún medicamento veterinario y que además conocen el tratamiento dado a los medicamentos caducos o el destino que éstos tienen. Sin embargo solo el 8% tiene el conocimiento de empresas que se dedican al retiro y/o destrucción de medicamentos veterinarios caducos en el D.F., de las cuales el 40% no están registradas ni autorizadas por la SEMARNAT. Con base en este estudio se puede concluir que a pesar de que en México existan diversas campañas para la correcta gestión ambiental de los envases, restos de medicamentos y medicamentos caducos de origen doméstico, la ausencia de una normatividad específica para medicamentos veterinarios caducos hace que los métodos de manejo, tratamiento y/o disposición final sean inadecuados.

Palabras Clave: Ciudad de México, Establecimientos Veterinarios, Medicamentos caducos, Residuos peligrosos

1. INTRODUCCIÓN

La Industria Farmacéutica cuenta con miles de moléculas activas que se usan actualmente en el mundo para combatir o prevenir enfermedades, a la vez de que cientos de nuevos productos se sintetizan cada año para reemplazar otros ya obsoletos [1]; sin embargo, sus procesos productivos emiten al ambiente diversos subproductos indeseables. Entre ellos están las emisiones de contaminantes a la atmósfera, las descargas de aguas residuales y los residuos patógenos, peligrosos y no peligrosos.

En los últimos años se ha desarrollado un gran interés en cuanto a la presencia de productos farmacéuticos en el ambiente, ya que aun cuando existen relativamente pocos estudios sobre el potencial tóxico de estas sustancias, diferentes reportes demuestran que los fármacos representan una nueva clase de contaminantes ambientales. Estos productos incluyen antibióticos, hormonas, analgésicos, tranquilizantes y los productos de la quimioterapia empleados en pacientes con cáncer. La contaminación proviene no sólo de las excreciones, donde una parte importante del fármaco es eliminado del cuerpo sin metabolizarse, sino de la fabricación y disposición inadecuada de los desechos de estos productos. Los fármacos han sido encontrados en aguas superficiales, en aguas subterráneas e incluso en el agua potable [2].

De acuerdo al capítulo XXI (Destrucción de los medicamentos caducos o deteriorados) de la Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos (FEUM), los medicamentos caducos o deteriorados deben ser retirados de los anaqueles y no deben depositarse en el drenaje, en la basura o someterse a tratamientos de destrucción no autorizados, tampoco se deben tirar



con su envase original, ya que podrían ser reciclados para su venta o uso, con los consecuentes riesgos a la salud y al ambiente [3]. Sin embargo la Ley General de Salud y el Reglamento de Insumos para la Salud, hacen referencia a la obligatoriedad de la Farmacopea Mexicana cuando se trate de medicamentos de consumo humano, pero no para productos de uso veterinario. Por lo tanto, México no cuenta con una gestión integral específica acerca del manejo, tratamiento y/o disposición de los medicamentos veterinarios caducos que, con base en la NOM-052-SEMARNAT-2005 [4], son clasificados como residuos peligrosos. Según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en el año 1999 se tenían registrados 800 establecimientos veterinarios ubicados en la ciudad de México (Distrito Federal) [5], los cuales pueden estar generando desechos peligrosos.

Por lo anterior, consideramos de gran importancia conocer y dar a conocer las prácticas comunes en la gestión de medicamentos veterinarios caducos en la Ciudad de México.

2. METODOLOGÍA

2.1 Obtención de información

En el presente trabajo, como instrumento para la obtención de datos de campo, se diseñó un cuestionario de 10 preguntas, dirigido a los encargados de establecimientos veterinarios del Distrito Federal. Las preguntas abordan temas referentes a los medicamentos veterinarios utilizados con mayor frecuencia, así como los métodos de manejo, tratamiento y/o disposición de los medicamentos veterinarios caducos en este tipo de establecimientos.

Además, se efectuó la búsqueda de información bibliográfica relacionada con el tema de investigación en diversas fuentes de información, tales como artículos periodísticos, boletines, libros, normas técnicas, informes y documentos oficiales de instituciones públicas. La búsqueda se enfocó a la legislación y normatividad vigente y actores responsables de la vigilancia de la aplicación de dicha normatividad en México, dentro del marco global.

2.2 Generación de datos

La aplicación de las encuestas a establecimientos veterinarios permitió generar una base de datos en base a información obtenida desde la fuente.

2.3 Organización de datos

Los datos generados fueron organizados de manera que permitieran su análisis estadístico mediante medidas de tendencia central con el objetivo de comparar, analizar e interpretar los números obtenidos, y organización de éstos en tablas y gráficas estadísticas.

2.4 Análisis y conclusiones

La información obtenida a través de la encuesta fue analizada en conjunto con la información proveniente de diversas fuentes bibliográficas y periodísticas con la finalidad de resaltar la información relevante con respecto al tema de investigación, y generar conclusiones.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la encuesta revelan que la totalidad (100%) de los encuestados acepta estar enterados de que en sus establecimientos veterinarios se generan desechos peligrosos y el 60% dice estar consciente del impacto que causa en el



ambiente o a la salud, el manejo y disposición inadecuados de los medicamentos que han vencido su fecha de caducidad. Un 32% dice conocer de manera general, el tratamiento dado a los medicamentos caducos o el destino que éstos tienen pero únicamente el 8% de los encuestados conoce empresas dedicadas al retiro y/o destrucción de medicamentos veterinarios caducos en el Distrito Federal (Ciudad de México). La información obtenida de la muestra poblacional encuestada es muy valiosa en virtud de que evidencia el nivel de conciencia de los profesionales del área de atención veterinaria, en relación a la importancia del adecuado manejo de los residuos de medicamentos caducos. La importancia además se hace evidente si consideramos que, de acuerdo a la encuesta aplicada, entre los medicamentos veterinarios con mayor demanda de uso en el D.F. se encuentran los antibióticos y vacunas como la antirrábica (Figura 1), medicamentos de uso controlado, cuyo manejo y disposición final inadecuados pueden generar un impacto ambiental negativo.

Los encargados de los establecimientos encuestados nombran a 17 diferentes empresas como responsables de abastecerles medicamentos veterinarios y el abastecimiento del 60% de los establecimientos encuestados se concentra en solo 4 empresas. Sin embargo, las empresas abastecedoras no se hacen responsables del retiro del producto caduco. Al hacer una búsqueda en diversas fuentes, se encontró que solo 2 de las 17 empresas mencionadas, se encuentran afiliadas a la Cámara Nacional de la Industria Farmacéutica (CANIFARMA) [6]. De manera que solo un 6% de los establecimientos veterinarios se abastecen de empresas afiliadas a dicha cámara que, al menos en principio, tendrían la posibilidad de responsabilizarse de los medicamentos caducos abastecidos por ellos, ya que por iniciativa de la CANIFARMA, en el año 2008 se creó el Sistema Nacional de Gestión de Residuos de Envases de Medicamentos (SINGREM), cuya misión es precisamente la de atender los problemas generados por los medicamentos caducos.

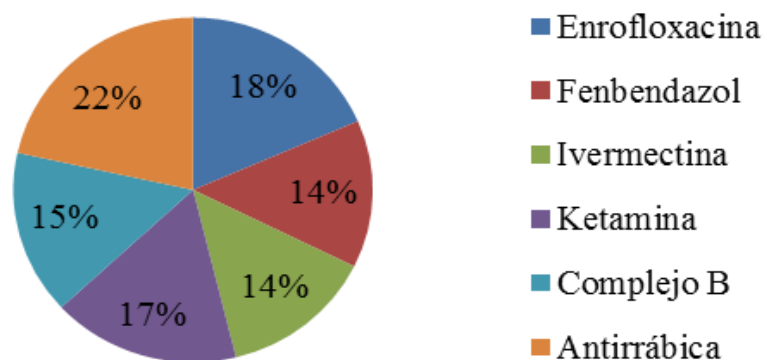


Figura 1. Medicamentos veterinarios con mayor frecuencia de empleo en el Distrito Federal

Algunas de las respuestas dadas al cuestionario aplicado parecen además ser contradictorias pues aunque inicialmente el 100% de los encuestados afirmó no aplicar ni desechar medicamentos veterinarios caducos, en preguntas posteriores el 32% acepta que al menos en una ocasión se les caducó algún medicamento veterinario y el 25% admite que el destino que les dan a estos residuos peligrosos es la basura, otro 25% los vierte en el drenaje, el 12% continúa aplicando los medicamentos caducos y solo el 38% dice contar con el servicio de una empresa dedicada a la recolección y/o destrucción de residuos tóxicos. Este último dato deja ver una inconsistencia con el 8% que previamente aseguró conocer empresas dedicadas al retiro y/o destrucción de medicamentos veterinarios caducos en el D.F. Dicha inconsistencia puede ser interpretada de acuerdo a dos hipótesis:

1ª. Las empresas recolectoras de medicamentos veterinarios caducos que dan servicio al 38% de los establecimientos encuestados, no son empresas reconocidas y pudieran estar trabajando en la clandestinidad.



2ª. El 8% de los encuestados que asegura conocer empresas dedicadas al retiro y/o destrucción de medicamentos veterinarios caducos en el D.F., abarca al 6% de los establecimientos abastecidos por empresas distribuidoras de medicamentos, afiliadas a la CANIFARMA.

En la Tabla 1 se muestran las empresas dedicadas a la recolección y/o disposición final de residuos peligrosos (entre ellos los medicamentos veterinarios caducos), algunas de ellas fueron obtenidas mediante las encuestas aplicadas. Se realizó la investigación de la lista oficial de empresas dedicadas al almacenamiento (acopio) de residuos peligrosos y biológicos infecciosos de la República Mexicana, proporcionada por la SEMARNAT. Sin embargo, de las empresas listadas, únicamente el 20% cuenta con registro ante dicho organismo y 34% ante SEMARNAT y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

Es por último importante mencionar que a pesar de que todos los encuestados están conscientes de la generación de residuos peligrosos en sus establecimientos, el 100% asevera que desconocen la existencia de normatividad e instrumentos legales de regulación del manejo de los medicamentos veterinarios caducos en México.

4. CONCLUSIONES

Del presente trabajo se puede concluir que:

Los Médicos Veterinarios y encargados de establecimientos veterinarios en la Ciudad de México están conscientes de que sus establecimientos generan residuos peligrosos, pero desconocen la existencia de normas que regulen el manejo de los medicamentos veterinarios caducos.

Entre los grupos de medicamentos veterinarios con mayor frecuencia de empleo están las vacunas y antibióticos, a los cuales debe dárseles disposición final adecuada, pues de lo contrario pueden incrementar el riesgo de intoxicaciones y otros posibles efectos a la salud como resultado de la exposición humana a través de diferentes medios, así como la propagación de microorganismos farmacorresistentes. Una disposición inadecuada de los medicamentos veterinarios caducos puede generar un impacto ambiental negativo,

Ya que en México se cuenta con un sistema empleado por el Sistema Nacional de Gestión de Residuos de Envases de Medicamentos A.C. (SINGREM), el cual ha sido diseñado para la gestión de los residuos de medicamentos de uso humano, dicho sistema también podría hacerse cargo de los residuos de envases de medicamentos de uso veterinario siempre y cuando estos productos hayan sido dispensados a través de oficina de farmacia (para consumo de animales domésticos) y se encuentren adheridos al Sistema SIGREM (disponen del logotipo SIGRE en el envase que así lo acredita). Bajo este supuesto, pueden y deben, ser depositados en el Punto SIGREM de la farmacia.

RECOMENDACIONES

Con los resultados obtenidos es necesario trabajar de manera conjunta la industria farmacéutica, autoridades tomadoras de decisiones y el sector académico para la elaboración de un manual que contenga la información necesaria para una correcta Gestión Integral de los Residuos Peligrosos del sector veterinario la cual esté dirigida específicamente a propietarios y empleados de establecimientos veterinarios.



Tabla 1. Empresas dedicadas a la recolección y/o disposición final de residuos peligrosos (RP) incluyendo medicamentos veterinarios caducos

Empresa	Información	Función	Dirección electrónica
Desarrollo y Calidad Ambiental S.A. de C.V. (DYCASA)	Norte 1-M número 4817, Colonia Panamericana, Del. Gustavo A. Madero, Distrito Federal, C.P. 07770.	Recolección de RP	http://www.dycasa.com.mx/
BIOGREEN	Norte 7-A número 4818, Colonia Panamericana, Del. Gustavo A. Madero, Distrito Federal, C.P. 07770.	Recolección de medicamentos veterinarios caducos no controlados	Sin página de internet
Seguimiento Técnico Ambiental S.A de C.V. (SETAM)	Sur 103 número 526, Colonia Sector Popular, Del. Iztapalapa, Distrito Federal.	Recolección y disposición final de RP	http://www.setam.com.mx/
HIDROENERGIA 3000 S.A. de C.V.	Segunda cerrada Francisco Villa, Manzana 3 H, 17, Colonia Tlacoyaque, Del. Álvaro Obregón.	Recolección de RP	Sin página de internet
MedAm S.A de C.V.	Norte 79 A No. 235-E. PB, Col. Clavería, Del. Azcapotzalco, Distrito Federal, C.P. 02080.	Transporte y destrucción de medicamentos caducos	https://www.facebook.com/pages/MedAm-SA-de-CV/138125362886990 http://www.stericycle.com.mx
Recolecciones Ecológicas Industriales de México S.A. de C.V.	Cerro del águila número 512, Escobedo, Nuevo León.	Recolección de RP	http://www.recoinmex.com/
Proactiva medio ambiente México S.A. de C.V.	Tomás Alva Edison 176, Col. San Rafael, Del. Cuauhtémoc, Distrito Federal, C.P. 06470.	Tratamiento y disposición final de RP	http://www.proactivaindustrial.mx
Química Rimsa, S. A. de C. V.	Carretera a Nogales No. 768, Col. La Venta del Astillero, Zapopan, Jalisco, C.P. 45220.	Recolección de medicamentos fuera de especificación	http://www.quimicarimsa.com
CAS Ambiental de México S.A. de C.V.	Fundidores, Col. Parque Industrial Oriente, Torreón, Coahuila, C.P. 27278.	Transporte de RP	http://www.casambiental.com/
Controlamb, S.A. de C.V.	Lucio Avalos No. 91, Col. Sección 22, Valle Hermoso, Tamaulipas, C.P. 87500.	Transporte de RP hacia los Estados Unidos de América	http://www.controlamb.com
Redisa Ambiental S.A. de C.V.	Av. Universidad 1503-2, Col. Bosques del Prado, Aguascalientes, Aguascalientes, C.P. 20127.	Recolección, transporte y disposición final de medicamentos caducos	http://www.redisaambiental.com
PROTESA, Promotora y Transformadora de Energía S.A. de C.V.	Ángel Martínez Villarreal 550, Col. Chepevera, Monterrey, Nuevo León, C.P. 64030.	Recolección de RP	http://www.gprotesa.com.mx
TEZA, Transportación Especializada S.A. de C.V.	Río Guayalejo No.113, Col. Sierra Morena, Tampico, Tamaulipas, C.P. 89210.	Transporte de RP	http://www.teza.com.mx



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Quesada Peñate I., Jáuregui Haza U. J., Wilhelm A. M., Delmas H., (2009). “Contaminación de las aguas con productos farmacéuticos. Estrategias para enfrentar la problemática”, Revista Centro Nacional de Investigaciones Científicas Cuba. Ciencias Biológicas, vol. 40, núm. 3, Septiembre-Diciembre, 8 paginas.
- [2] Quesada Peñate I., (2009). “Métodos no convencionales para el tratamiento de aguas contaminadas con productos farmacéuticos”, Tesis de grado, Instituto Nacional Politécnico De Toulouse-Escuela Nacional Superior de Ingenieros en Artes Químicas Y Tecnológicas, Centro de Química Farmacéutica, Departamento de Tecnología, Laboratorio de Reactores, Francia, 177 páginas.
- [3] Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos (FEUM), (2010). “Suplemento para establecimientos dedicados a la venta y suministro de medicamentos y además insumos para la salud”, 4° edición, México: Secretaria de la Salud, Comisión permanente de la Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos.
- [4] NOM-052-SEMARNAT (2005). Norma Oficial Mexicana: Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos. México, D.F.
- [5] INEGI (1999) XII Censo de Servicios. Censos Económicos 1999. Servicios proporcionados por el sector público. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. México.
- [6] CANIFARMA, (2012). Fuente electrónica. http://www.canifarma.org.mx/afiliados_usoveterinario.html

[Indice](#)



Tipificación de Residuos Sólidos en la Unidad Académica de Odontología de la Universidad Autónoma de Nayarit.

¹Luz Arminda Quiñonez Zárate, ¹Sandra Luz Romero Mariscal, ¹José Horacio Barraza Salas, ¹José Ramón Olivo Estrada.

¹Universidad Autónoma de Nayarit. Cd. de la Cultura Amado Nervo. Tepic, Nayarit.

C.P. 63155.Tel. (01311)2-11-88-00 extensión 8826. Correo: arindaqz@hotmail.com.

RESUMEN

En las instituciones educativas, se contamina el ambiente por la generación indiscriminada e inadecuada de eliminación de los residuos sólidos y la Unidad Académica de Odontología de la Universidad Autónoma de Nayarit no es ajena a esta problemática, por lo que se implementó un programa de tipificación de residuos sólidos, con el propósito de realizar correctamente el acopio de los residuos orgánicos e inorgánicos y generar un cambio de actitud en los actores involucrados en el proceso. El presente trabajo se realizó con la metodología de investigación-acción, ya que implicó la participación de los docentes, estudiantes, personal administrativo y trabajadores de intendencia. En este contexto se considera a la educación ambiental clave para promover actitudes de respeto hacia la protección y mejoramiento del ambiente, mediante acciones que mejoren la participación en el manejo adecuado de los residuos; en vías de fortalecer y coadyuvar a la sustentabilidad. Se aplicó una encuesta a estudiantes, como primera fase de la evaluación, para conocer la aceptación del programa e identificar las fallas en la separación y del acopio de aluminio y PET. Los datos del instrumento revelan que los estudiantes identifican los colores y el uso de los contenedores colocados para el acopio, lo que incrementa la cultura de separación. Finalmente a través de la operatividad del programa de tipificación de residuos sólidos, se redujo la cantidad de basura que se tiraba indiscriminadamente en el área de los pasillos y jardines lográndose el compromiso del cuidado del ambiente en la comunidad odontológica.

Palabras Clave: Educación ambiental, Manejo, Residuos sólidos, Tipificación.

1. INTRODUCCIÓN

En todas las universidades y centros educativos del país se generan residuos sólidos orgánicos e inorgánicos, estos se encuentran dispersos en las áreas físicas, sin que exista la precaución de depositarlos en los sitios correspondientes y ni tampoco en los contenedores utilizados para su acopio.

Ante esta problemática la Unidad Académica de Odontología de la Universidad Autónoma de Nayarit, se preocupa por implementar un programa del manejo de separación de residuos sólidos orientado a la tipificación los residuos que se generan al interior de la unidad, donde participaron los docentes, estudiantes, personal administrativo, y trabajadores de intendencia. Para apoyar el programa, se realizaron reuniones al interior de las aulas, y actividades prácticas de educación ambiental para el manejo de residuos. También se diseñaron etiquetas y rótulos para los contenedores, trípticos, carteles informativos, diseño de pulseras y pines alusivos, con el fin de lograr una participación conjunta y mantener el interés en la correcta separación. Así como promover cambios de actitudes sobre la importancia que representa la recolección de los residuos y tener una la cultura del reciclaje en el cuidado del medio ambiente [1], [2].



En este sentido como lo plantea Ramos [3], la educación en valores ambientales es realmente importante porque tanto la formación ecológica como en la conservación del ambiente se fundamentan con las actitudes vivenciadas en torno del objeto de estudio y en consecuencia; permite fortalecer los valores conservacionistas [4].

2. METODOLOGÍA

El programa de manejo de separación de residuos sólidos se fundamentó desde el punto de vista metodológico en la investigación acción, con las siguientes etapas: 1. *Diagnóstico y diseño*. 2. *Planeación e instrumentación*. 3. *Acción y seguimiento*. 4. *Evaluación y reflexión* [5].

En la primera etapa de *diagnóstico y diseño*, se identificaron el tipo de basura generada, y se detectó que los residuos orgánicos e inorgánicos se depositaban indistintamente en los contenedores existentes sin clasificarse. Además se monitorearon los sitios en el interior de la escuela: dirección, clínicas, las aulas, auditorio, pasillos, jardines, laboratorios, baños y el estacionamiento, observándose que no depositaban los residuos en el lugar adecuado. Se colocaron contenedores de colores, para el manejo, recolección, clasificación y disposición de acuerdo a sus características de origen.

En base al diagnóstico efectuado, se clasificaron los residuos en dos tipos: *orgánicos e inorgánicos*, procediéndose al etiquetado y rotulado de contenedores de acuerdo al tipo de residuo [6]. Así como a los depósitos específicos para el acopio de PET y aluminio. Se colocaron en los pasillos contenedores de diferentes colores para la separación de los residuos, el verde corresponde al residuo orgánico, el azul intenso a los residuos inorgánicos [7], el gris para el de aluminio y para el acopio de PET azul con etiquetas blancas.

En la segunda etapa de *planeación e instrumentación*, se desarrollaron varias actividades de educación ambiental y prácticas ilustrativas en toda la comunidad odontológica. Se eligió a un estudiante por grupo, denominándose agente PET y agente aluminio, este rol les permitió realizar responsablemente el monitoreo y vigilar el funcionamiento del programa.

Con respecto a la tercera etapa *acción y seguimiento*, en el manejo interno del programa, previa separación- recolección los residuos son retirados y almacenados en un área ex profeso para la entrega mensual a las empresas recolectoras, con los convenios ya establecidos: uno con la empresa ECOCE (PET) y el otro con Metales Reciclables ZART (latas de aluminio). Los residuos orgánicos e inorgánicos generados dentro de la unidad académica, son recogidos diariamente por el servicio de recolección de basura de la universidad y se trasladan al basurero municipal.

Dentro del programa a los residuos catalogados como PET y aluminio, se les realiza un seguimiento con registros documentados de la cantidad de kilogramos entregados mensualmente, además se toma material fotográfico y se diseñan tablas de comportamiento grupal a los alumnos, para percibir como llevan la separación de la basura en las aulas. Cabe señalar que estamos clasificados como pequeños generadores, por la cantidad de kilogramos que se recogen mensualmente es poco más o menos de 70 kg de Pet y 10 kg de latas de aluminio, sin llegar a una tonelada anual [8].

Dentro de la cuarta etapa *evaluación y reflexión*, se consideró relevante evaluar el desarrollo y funcionamiento del manejo de residuos sólidos a mediano y largo plazo con la finalidad de conocer si se cuenta con el beneplácito de la comunidad de la unidad académica hacia el programa que se implementó desde hace un año y medio. Por lo que se hace necesario verificarlo con la finalidad de saber si existen fallas en la tipificación de residuos, detectar dificultades o comprobar si evidentemente se están obteniendo beneficios. Además de confirmar si la motivación y aceptación ha sido efectiva a través de las acciones e interés de los participantes con respecto a la preservación medio ambiente [9], [10].

Con la intención de darle continuidad al programa se realizó la evaluación consistente en aplicar cuatro instrumentos por separado y en diferentes periodos, a cada uno de los grupos que participa en el mismo: estudiantes, docentes, personal



administrativo y personal de intendencia. Esta es la primera fase de la evaluación y se recurrió a un cuestionario con 15 ítems basado en la *guía práctica para el diagnóstico de residuos sólidos*, [12], aplicado a 60 estudiantes de odontología (de una población total de 530), se obtuvieron con los datos del instrumento, las frecuencias, los porcentajes en tablas y gráficas representativas de los alumnos encuestados. La participación fue de manera voluntaria y con invitación directa a los seleccionados. En las aulas se tomaron cuatro alumnos al azar por grupo escolar, resultando una muestra aproximada del 10% del total la población estudiantil. Las preguntas del cuestionario están relacionadas con el diagnóstico, manejo, identificación del residuo, tipo y color de contenedor, almacenamiento, destino y conocer si el programa es relevante, agrupándolas en tres categorías: *depósitos*, *manejo* y *colecta de los residuos sólidos*.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con la implementación del programa de separación de residuos sólidos en la Unidad Académica de Odontología de la UAN, se ha propiciado la participación de los actores en el proceso, involucrándolos en actividades colaborativas de la tipificación y acopio de la basura recolectada, y por consiguiente coadyuvar a la sustentabilidad del planeta.

Asimismo, se establecieron estrategias de educación ambiental para orientar, difundir y fomentar el conocimiento sobre el manejo de los residuos generados dentro de la institución, observándose una buena respuesta en la participación.

Con la puesta del programa se han obtenido algunos logros tales como: identificación de los colores de los contenedores, clasificación, separación y colocación en el lugar correspondiente; hecho que no acontecía.

Otra situación notable es la reducción en la cantidad de residuos que se tiraban indiscriminadamente en el área de los pasillos y jardines. Por otra parte, para fortalecer el programa se realizan campañas de acopio de residuos, con el apoyo de los estudiantes de Odontología en otras unidades académicas de la UAN, y en otros sitios del campus universitario con actividades que contribuyen a la sustentabilidad y al cuidado del ambiente [11].

3.1 Encuesta de evaluación del manejo de residuos sólidos en la Unidad Académica de Odontología de la UAN [12].

Se analizaron tres categorías: *depósitos*, *manejo* y *colecta de los residuos sólidos*, con cinco ítems cada una respectivamente. (Tabla1, Figura 1).

1. ¿Qué tipo de recipientes o depósitos de los residuos se utilizan?

R= El (97%) es decir 58 de los estudiantes afirmó que los contenedores existentes son de plástico y se utilizan para el depósito de residuos sólidos en la Unidad Académica de Odontología.

2. ¿Qué color se utiliza para el contenedor de residuos orgánicos?

R= Con base al color que tiene el contenedor para los residuos orgánicos, 47 de ellos (79%), dicen que es verde, 6 (10%), afirma es azul, 4 (6%), que es gris y 3 (5%), el color es rojo.

3. ¿Qué color se utiliza para el contenedor de residuos inorgánicos

R= El cuanto al color del contenedor de residuos inorgánicos, 35 (59%), dicen que es azul, 9 (15%), es rojo, 8 (13%) verde y por último 8 (13%) que es gris.

4. ¿Qué color se utiliza para el contenedor de PET?

R= Con referencia al color del contenedor para el PET, el 41 (69%), opina que es gris, el 10 (17%) es azul, 5 (8%), menciona es rojo y solo 4 (6%), verde.



5. ¿Qué color se utiliza para el contenedor de aluminio?

R= Respecto al color correspondiente al contenedor de aluminio, la mayoría 41 (69%), dicen corresponde al gris, 10 (17%), que es azul, 5(8%), al rojo y 4 (6%) que es color verde.

6. ¿Cuál es el destino de los residuos sólidos en general del plantel?

R= En cuanto al destino de los residuos sólidos 44 (74%), opina se los llevan empresas que los reciclan, 11(18%), los llevan al basurero municipal, 4(7%), van al relleno sanitario y solo 1(1%), que están en lugar ecológico.

7. ¿Qué cantidad total de residuos sólidos se están recuperando para su comercialización mensualmente?

R= En la pregunta acerca de cuántos kilogramos se están recolectando para su comercialización y venta, las respuestas son similares porque 17 alumnos (28%), dicen entre 60 a 90 kg, otros 17 (28%) que son más de 90 kg, 16 (27%), de 30 a 60 kg y 10 (17%), de 0 a 30 kg.

8. ¿Quién es el responsable de coordinar al personal involucrado en el manejo de residuos del plantel?

R= Con respecto a quien es el responsable de coordinar el manejo de los residuos en el interior de la Unidad académica 41 de ellos (68%), mencionan que es un docente, 11(18%), opinan que intervienen tanto docentes, intendentes y alumnos; el 8 (14%), afirma que es un intendente.

9. ¿Quién recolecta los residuos sólidos del plantel?

R= En este cuestionamiento, 36 de ellos (60%), dicen que se recolectan a través de servicio universitario, 16 (27%), expresa son recogidos por servicio privado, 7 (12%), por el municipio y solo el (1%) por pepenadores.

10. ¿Dónde se realiza el almacenamiento temporal de los residuos previos a su recolección?

R= En cuanto al sitio de almacenamiento 36 estudiantes (60%), opinan que es un lugar techado con protección; 23 de ellos (38%), los ubica en un área abierta y con protección, y solo 1 (2%) en área abierta y sin protección.

11. ¿Cómo están distribuidos los recipientes o depósitos de los residuos en la Unidad Académica?

R= En relación a la distribución de los contenedores la mayoría de los encuestados 52 (87%), responde que están en los pasillos, 3 (5%) en la dirección, otros 3 (5%), en los laboratorios y solo 2 (3%), en los jardines.

12. ¿Con que número se identifican los envases de PET?

R= De acuerdo a la clasificación que identifica al envase de PET, 26 (43%), menciona al N° 1; 27 (44%), que es N° 7; 6 (10%), que corresponde al N° 5 y 2 (3%), que corresponde al N° 3.

13. ¿Con que número se identifican los envases de aluminio?

R= Conforme a la clasificación que identifica al envase de aluminio, 24 (40%), dicen que es el N° 41; 17 (28%), dice el N° 21; 12 (20%), el N° 31 y 7 (12%), que corresponde al N° 51.

14. ¿Cuáles son los residuos sólidos que se acopian para el reciclado?

R= De acuerdo a cuáles son los residuos que se acopian 51 estudiantes (85%), opinan que son plástico y aluminio; 5 (8%), son papel y cartón, 4 (6%), vidrio y porcelana y solo 1 (1%), otros.

15. ¿Qué importancia tiene para Ud. la implementación del programa de separación de residuos sólidos en Odontología?

R= En concordancia a la importancia de estar implementado el programa, 36 (60%), consideran es muy relevante, 22 (36%), que es demasiado relevante, y 2 (4%), lo consideran nada relevante.

Tabla 1. Categorías del Programa de Residuos Sólidos.

Ejecución del programa de residuos sólidos	Frecuencia	Porcentaje
<i>Depósitos de los residuos</i>		
1. Tipo de recipientes o depósitos	58	97
2. Color contenedor residuos orgánicos	51	85
3. Color contenedor residuos inorgánicos	47	79
4. Color contenedor PET	41	69
5. Color contenedor aluminio	35	59
<i>Manejo de los residuos</i>		
6. Destino de residuos sólidos	44	74
7. Cantidad mensual de residuos sólidos para comercialización	41	68
8. Responsable de coordinación y manejo de residuos	41	68
9. Recolección de residuos sólidos	36	60
10. Almacenamiento temporal de residuos	36	60
<i>Colecta de los residuos</i>		
11. Distribución de recipientes o depósitos	52	87
12. No. de identificación de envases PET	27	44
13. No. de identificación de envases aluminio	24	40
14. Residuos sólidos acopiados para su reciclaje	17	20
15. Importancia personal de la implementación del programa	36	60

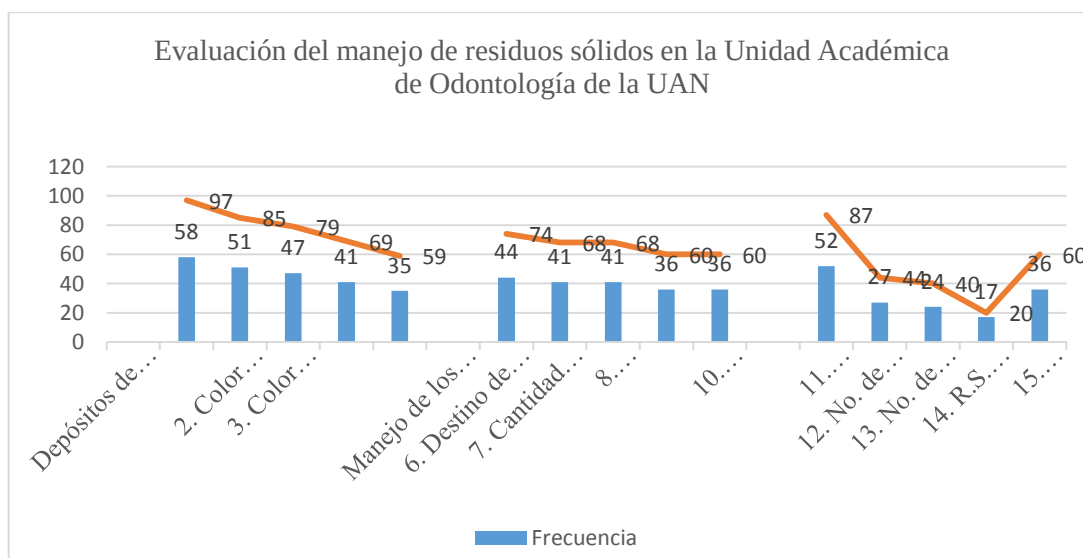


Figura 1. Fuente Propia. Encuesta de evaluación de manejo de residuos sólidos.



4. CONCLUSIONES

Los estudiantes identifican claramente que los contenedores de residuos usados son de plástico y etiquetados.

La mayoría distingue cuáles son los colores que llevan los contenedores y como usarlos.

Existe desconocimiento en general de la cantidad de residuos generados en el interior del plantel.

No saben quiénes son los encargados de recoger los residuos sólidos en la universidad.

La gran mayoría sabe que el coordinador del manejo del programa es un docente.

La mayoría sabe dónde se localizan los contenedores, aunque no todos saben donde es el área de almacenamiento temporal.

Saben que los residuos acopiados y comercializados son el PET y el aluminio e identifican los colores de los contenedores dónde se acopian estos materiales.

Existe desconocimiento en lo relativo a cómo se clasifican de acuerdo a la norma: el PET y aluminio.

Los estudiantes si consideran relevante la implementación del programa de separación de residuos sólidos en la Unidad académica de odontología.

Finalmente mencionar que los recursos obtenidos por la venta de los residuos serán destinados en la compra de productos y materiales usados en el mismo programa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Espejel, A., y Castillo, M. I. (2008). *Educación Ambiental para el nivel medio superior: propuesta y evaluación*. Revista Iberoamericana de Educación, 46(2), 1-11. Consultado el 9 mayo de 2014. Disponible en: <http://www.rieoei.org/expe/2299Espejelv2.pdf>
- [2] LGEEPA, 2013. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Consultado el 13 de mayo de 2013. <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148.pdf> (DOF 07-06-2013).
- [3] Ramos, M. G. *Programa para Educar en Valores*. (1997). Valencia-Venezuela: Paulinas.
- [4] Ramos, M. G. (2008). “*La Educación en Valores*”. Revista Educación en Valores. Enero-Junio Vol.1 (9) pp. 110-118. Venezuela: Universidad de Carabobo.
- [5] Kemmis, Stephen y Mc Taggart, Robin. (1988). *Cómo planificar la investigación-acción*, Edit. Laertes. Barcelona España.
- [6] SEMARNAT (2008). Más de 100 consejos para cuidar el ambiente desde mi hogar. México, D.F. 44 p.
- [7] SEMARNAT (2006). Manual de manejo adecuado de residuos sólidos. Escuela limpia en Veracruz. México, D.F.
- [8] LGPGIR. (2003). La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Consultado el 21 de mayo de 2014. <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263.pdf> (DOF 08-10-2003).
- [9] Frankfurt Solano, D. (2001). Comunicación y generación de conciencia ambiental. *Tópicos de Educación Ambiental* 3 (7), 52-57. Lima, Perú.
- [10] Universidad Veracruzana. (2012). Guía institucional para la gestión integral de residuos sólidos urbanos en las dependencias y entidades académicas de la Universidad Veracruzana CoSustentaUV, Xalapa, Veracruz; 15p.
- [11] Cortinas de Nava, C. (2012). Guía Práctica para Desarrollar Planes de Manejo de Residuos Sólidos en las Escuelas para su Reducción, Reutilización o Reciclado (3R). Consultado el 30 junio de 2014. Disponible: www.cristinacortinas.net/index.php?option=com_content&task=view&id=82&Itemid=27
- [12] Programa Frontera. (2012). Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (Cocef). Consultado el 7 junio de 2014. Disponible en: <http://www.cocef.org/>

[Indice](#)



Estimación de la Generación de Residuos Eléctricos y Electrónicos en la Ciudad de Loja (Ecuador)

¹Marina Ivette Ruiz Mondragón, ¹Fabián Robles Martínez, ¹Saúl Hernández Islas, ¹Ana Belem Piña Guzmán, ²Mayra Guaycha Carrión.

¹Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología (UPIBI). Instituto Politécnico Nacional (IPN). Av. Acueducto s/n, Barrio La Laguna-Ticomán. 07340 México, D.F. Tel. (55) 57 29 6000 ext. 56470. E-mail: roblesfm@hotmail.com.

²Municipio de Loja, Ecuador.

RESUMEN

Los Residuos Eléctricos y Electrónicos (REE) contemplan aparatos tales como computadoras, monitores, impresoras, celulares, televisores, equipos de sonido y aparatos electrodomésticos en general, que han sido consumidos o descartados y están compuestos de cientos de materiales diferentes, tanto valiosos como potencialmente peligrosos. El presente trabajo muestra los resultados de un estudio acerca de la generación de REE, realizado en la ciudad de Loja, principal centro urbano, histórico y cultural de la región sur de Ecuador. El objetivo es conocer la cantidad de REE a partir del número de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) existentes en los diferentes sectores poblacionales, así como los equipos que se encuentran obsoletos o simplemente almacenados. La recopilación de la información se efectuó utilizando como instrumento una encuesta de 10 preguntas, la cual se aplicó a 373 personas en diferentes sectores de la sociedad. A partir de los datos recabados, los AEE con los que cuentan los diferentes sectores de la sociedad encuestados se distribuyen con un 44.75% en hogares, 33.39% en el sector gobierno, 14.35% en escuelas, 4.93% en industrias y 2.58% en pequeños negocios. De los REE generados, la parte más susceptible de recibir un adecuado manejo, son los provenientes del sector gobierno y lo generado en las escuelas, debido a que en estas instituciones la acumulación de residuos por dependencia es mayor. En cuanto a la cantidad de REE generados, los hogares son el sector de mayor oportunidad para su manejo, ya que son la parte poblacional que cuenta con mayor cantidad de AEE.

Palabras Clave: *Aparatos, manejo, tratamiento.*

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente estamos presenciando un acelerado proceso de crecimiento de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC's), sin embargo, esto trae consigo problemas de contaminación ambiental y social [1]. Se estima que alrededor del mundo se generan entre 20 y 25 millones de toneladas de Residuos Eléctricos y Electrónicos (REE) por año [2]. De acuerdo a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2001), se considera residuo electrónico "todo aparato que utiliza un suministro de energía eléctrica y que ha llegado al fin de su vida útil" [3].

Los REE contemplan aparatos tales como computadoras, monitores, impresoras, celulares, televisores, equipos de sonido y aparatos electrodomésticos en general, que han sido consumidos o descartados y están compuestos de cientos de materiales diferentes, tanto valiosos como potencialmente peligrosos, por lo cual requieren un tratamiento específico y diferenciado al final de su vida útil para evitar un impacto negativo en el ambiente y la salud de las personas. Los equipos electrónicos contienen hasta 17 metales preciosos incluyendo oro, plata y cobre, los cuales siguen teniendo un valor económico significativo cuando los aparatos caen en desuso, sin embargo, los componentes peligrosos como plomo,



cadmio, mercurio, arsénico, bifenilos policlorados (BPCs) y compuestos orgánicos polibromados, conocidos también como Retardadores de Flama Bromados (BFR), se pueden liberar al ambiente cuando se disponen en rellenos sanitarios junto con los residuos sólidos urbanos, se someten a altas temperaturas sin ningún tipo de control o uso de tecnologías diseñadas para tal fin, se tiran a los suelos y cuerpos de agua o se realiza el desensamble inadecuado de estos residuos, ya que en algunos países en vía de desarrollo existe una fuerte lucha por los materiales de alto valor económico, en combinación con un gran desconocimiento del manejo adecuado de este tipo de materiales [4]. El presente trabajo muestra los resultados de un estudio enfocado a estimar la generación de REE en la ciudad de Loja. La ciudad de Loja es el principal centro urbano, histórico y cultural de la región sur de Ecuador, con alrededor de 214,000 habitantes. Cuenta con 50,000 hogares, 300 escuelas de nivel básico y medio superior, 50 estancias o dependencias de gobierno, 5 industrias y 7000 pequeños negocios.

2. METODOLOGÍA

Para obtener la información de generación de REE en la Ciudad de Loja, Ecuador, se diseñó un cuestionario con 10 preguntas cerradas de opción múltiple. Este cuestionario se aplicó a 373 personas en diferentes sectores de la sociedad, las cuales se distribuyeron de la siguiente manera: 308 encuestas a hogares, 20 a escuelas y colegios, 20 encuestas a oficinas o dependencias de gobierno, 5 encuestas a industrias y 20 encuestas a pequeñas empresas.

La aplicación de las encuestas en el territorio del Cantón Loja, se efectuó de tal manera de que se tuviera una muestra representativa de todos los barrios y localidades que lo integran, tanto urbanos como rurales. Es importante mencionar que, según datos oficiales, en el año 2013 la Ciudad de Loja albergaba en su zona urbana a aproximadamente 206,834 habitantes, que representan el 86.67% del total de población del Cantón Loja, y aproximadamente el 33.5% del total de la Provincia de Loja. Además de que en la Ciudad y sus alrededores se concentra aproximadamente el 70% de las entidades financieras, comerciales y educativas.

Por cuestiones de logística y recursos, no fue posible cumplir con el tamaño de la muestra para un nivel de confianza del 95% en todas las encuestas; sin embargo y de acuerdo a los resultados obtenidos, al encuestar 308 hogares (con un tamaño de la muestra mayor al 94% y menor al 95%, y siendo los hogares el mayor generador de residuos electrónicos y eléctricos), la muestra se puede considerar representativa de la población.

En la Tabla 1 se presenta el respectivo nivel de confianza y tamaño de muestra aplicado, el cual se determinó empleando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{z^2 N p q}{e^2 (N-1) + z^2 p q} \quad (1)$$

Dónde:

n = Tamaño de la muestra.

N = Tamaño de la población.

p = Probabilidad de éxito.

q = Probabilidad de fracaso.

z = Constante que depende del nivel de confianza asignado.

e = Error (directamente relacionado con el nivel de confianza. La suma de ambos es 1.



Tabla 1. Tamaño muestral teórico y real, con niveles de confianza (z)
($z_{84\%}=1.4050$, $z_{86\%}=1.4757$, $z_{88\%}=1.5547$, $z_{90\%}=1.645$, $z_{95\%}=1.96$)

Sector	Población (N)	Tamaño Muestral Teórico al 95% (n)	Tamaño Muestral Real (Encuestas aplicadas)	Nivel de Confianza Aplicado (z)
Hogares	50000	381	308	$94\% > Z < 95\%$
Escuelas	300	169	20	$84\% > Z < 86\%$
Gobierno	50	45	20	$86\% > Z < 88\%$
Industrias	5	5	5	100%
Pequeños Negocios	7000	365	20	84%

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2, se muestra el número de equipos eléctricos y electrónicos con los que cuentan los diferentes sectores de la sociedad a los que se aplicaron las encuestas, el 44.75% corresponde a hogares, el 33.39% al gobierno, 14.35% a escuelas, 4.93% a industrias y 2.58% a pequeños negocios.

A partir de los datos recabados se estimó la cantidad de equipos obsoletos con los que cuenta la población total de Loja extrapolando los resultados a las 50 dependencias de gobierno, las 300 escuelas, los 7,000 pequeños negocios, las 5 industrias y los 50,000 hogares existentes, teniendo un total de 110,025.46 equipos obsoletos en Loja. En la Figura 1 se muestra la distribución de los AEE obsoletos por sector y se aprecia que los hogares representan el 78.20% del total de equipos, por lo cual se considera la parte poblacional de mayor importancia en cuanto a la generación de REE, así como el sector con mayor oportunidad para su manejo.

Tabla 2. Equipos eléctricos y electrónicos en uso y obsoletos en la población encuestada de Loja.

Sectores	Equipos	
	<i>En uso</i>	<i>Obsoletos</i>
Gobierno	4866	601
Escuelas	2092	258
Pequeños negocios	376	53
Industria	719	64
Hogares	6522	530
Total	14575	1506

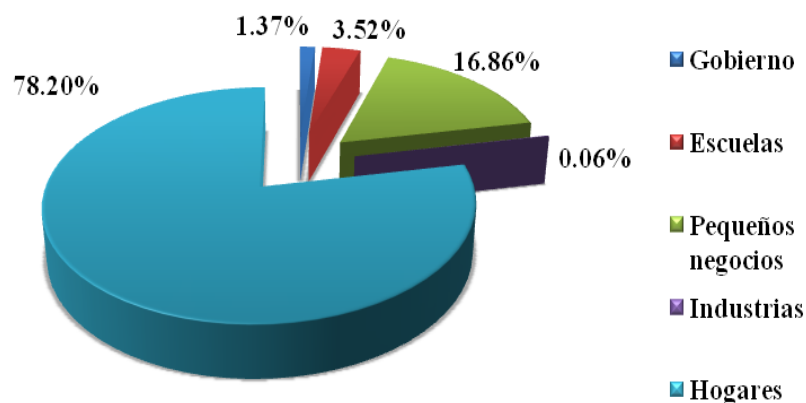


Figura 1. Proyección de equipos obsoletos en la ciudad de Loja

Según información del Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información en Ecuador [5] en el año 2012 la generación de REE en el país era de 2.59 kg/habitante lo cual concuerda totalmente con los 2.47 kg/habitante calculados en Loja a partir del número de AEE y el peso correspondiente de cada uno. Cabe señalar que para calcular el peso total de los residuos generados, se consideró únicamente el peso de los equipos usualmente reportados, basado en el diagnóstico sobre la generación de residuos electrónicos en México [6] y un reporte de la United Nations University [7].

Tabla 3. Estimación anual de REE en Loja.

Equipo obsoletos	Unidades	Peso unitario (kg)	Peso total (kg)
Computadora de escritorio	15,367.05	19.20	295,047.36
Computador Portátil (laptop, netbook)	1,436.53	2.50	3,591.33
Teléfonos celulares	12,816.79	0.10	1,332.95
Teléfonos (fax) fijos e inalámbricos	6,005.94	0.77	4,624.57
Equipos de sonido	2,423.73	5.10	12,361.02
Otros equipos de audio	6,097.43	2.00	12,194.86
Televisores	7,178.86	22.60	162,242.24
Reproductores de DVD	2,565.39	5.00	12,826.95
Otros equipos de video (VHS, Betacam, etc.)	2,311.05	5.00	11,555.25
Electrodomésticos pequeños: planchas, licuadoras, tostadoras, batidoras, etc.)	13,825.01	1.00	13,825.01
Total	70,027.78		529,601.53



4. CONCLUSIONES

Ante la necesidad de conocer la generación de REE en la ciudad de Loja (Ecuador), se determinó la cantidad de AEE en uso y obsoletos de la población, a partir de la cual se estimó la generación per cápita de REE, dando como resultado 2.47 kg/habitante. Asimismo se demostró que el sector de mayor impacto en cuanto a REE son los hogares, ya que representan la parte poblacional que más genera estos residuos, sin embargo, los REE más susceptibles de recibir un adecuado manejo son los provenientes del sector gobierno y escuelas, ya que en estos sectores la acumulación por institución es mayor en comparación con un hogar, industria o pequeño negocio.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se deriva del proyecto de cooperación bilateral entre México y Ecuador, donde la participación de la Secretaría de Relaciones Exteriores de México fue fundamental. Los autores agradecen profundamente al Instituto Politécnico Nacional, al gobierno de Ecuador y a la Agencia Mexicana de Cooperación Internacional por el apoyo para la realización de dicho proyecto, así como a la Secretaría de Investigación y Posgrado del IPN por la ayuda brindada a través del programa Beca de Estimulo Institucional de Formación de Investigadores. Se agradece también a la COFAA-IPN por el apoyo para la difusión de los resultados de este proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] RELAC y UNESCO. 2010. Los residuos electrónicos: Un desafío para la Sociedad del Conocimiento en América Latina y el Caribe. Uca Silva y Günther Cyranek Eds.
- [2] Robinson, B. H. 2009. <http://kiwiscience.com/JournalArticles/STOTEN2009.pdf>.
Fecha de consulta: 7 de julio de 2013.
- [3] Uca Silva, G. C., *Gestión de residuos electrónicos en América Latina*. 2009. Ediciones SUR. Santiago de Chile. 299 páginas.
- [4] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Centro Nacional de Producción más Limpia. 2010. http://www.residuoselectronicos.net/wp-content/uploads/2012/03/Guia_RAEE_MADS_2011_reducida.pdf.
Fecha de consulta: 16 de julio de 2013.
- [5] Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, Situación actual de RAEE'S en Ecuador y Proyectos de Mitigación. Ecuador. 2013
- [6] Román Moguel, G. J. *Diagnóstico sobre la generación de basura electrónica en México*. 2007. Instituto Nacional de Ecología, México, D.F. 123 páginas.
- [7] United Nations University. 2008. http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/pdf/final_rep_unu_annexes.pdf.
Fecha de consulta: 24 de junio de 2014.

[Índice](#)



Diagnóstico de los Residuos Sólidos en la comunidad de Magdalena Peñasco, Tlaxiaco, Oaxaca

¹Reyna Luz Santiago Bautista, ¹Rosa María Espinosa Valdemar, ¹Maribel Velasco Pérez*

¹Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco.

Av. San Pablo No 180, Col. Reynosa Tamaulipas, Azcapotzalco, México, D.F. C.P. 02200

*Tel: 01 (55) 5318-9057, mvp@correo.azc.uam.mx

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en Magdalena Peñasco, un municipio semi-rural de la Mixteca Alta Oaxaqueña. El estudio consistió en un diagnóstico de los residuos sólidos, basándose en las normas mexicanas vigentes. Se muestrearon 69 casas ubicadas en el centro del municipio, esto debido a la topografía y a la baja densidad poblacional en otras localidades. Se encontró que el 71% de las casas separan sus residuos orgánicos y los depositan en sus terrenos, mientras que el resto de los residuos se queman. La generación de residuos sólidos se estimó en 28.0 kg/día y 0.106 kg/hab/día, éstos se componen (en % masa) principalmente de alimentos (28.4%), palma (10.6%), bolsas de plástico (10.6%), plástico rígido (8.2%), cartón (3.8%), vidrio transparente (8.8%) y latas de aluminio (3.8%). El peso volumétrico de los residuos se estimó en 29.2 kg/m³ y el pH en 6. En el mercado, que funciona en domingo, la generación de residuos es 192.2 kg/semana. El municipio no cuenta con servicio de recolección y no tiene un sistema de gestión para los residuos peligrosos generados en el centro de salud. Existe un centro particular de acopio para PET, latas de aluminio y hojalata. Existe un tiradero a cielo abierto con una superficie aproximada de 10 m × 20 m, en donde se almacenan los residuos del mercado y de otros comercios, se dejan secar y se queman. Este estudio servirá de base para proponer alternativas de manejo integral de residuos de acuerdo a las características económicas, geográficas y culturales locales.

Palabras Clave: *Composición, Generación, Semi-rural.*

1. INTRODUCCIÓN

Oaxaca se localiza al Sur de la República Mexicana, tiene una población de 3,801,962 habitantes y un territorio de 95,364 km². Este estado se divide en 570 municipios, 30 distritos y 8 regiones etnográficas [1]. La generación de residuos sólidos en Oaxaca se estima en 2,110 Ton/día, de éstos un 60 % son de tipo doméstico [2]. Esta entidad cuenta con cuatro estaciones de transferencia, el 55 % de los residuos sólidos generados son llevados a tiraderos a cielo abierto y el 40.83% de los residuos domésticos son quemados [1], [2].

El Municipio de Magdalena Peñasco, perteneciente al Distrito de Tlaxiaco en la Mixteca Alta Oaxaqueña, se constituye de 5 localidades y tiene una población de 3,778 habitantes [1]. Los habitantes de este municipio se dedican al cultivo de hortalizas, comercio, elaboración y venta de artesanías de palma [3]. El 58% de la población ocupada no cuenta con ingresos fijos, mientras que el 32% recibe menos de dos salarios mínimos [3].

En el Distrito de Tlaxiaco solamente se tiene registro de un estudio de generación y caracterización de residuos sólidos. En esta investigación se realizó un diagnóstico de los residuos sólidos domiciliarios en el Municipio de Magdalena Peñasco para generar información que sirva para la elaboración de planes manejo integral de acuerdo a las características de las comunidades rurales o semi-rurales.



2. METODOLOGÍA

El diagnóstico de los residuos sólidos urbanos en el Municipio de Magdalena Peñasco se realizó en dos etapas: en la primera etapa se recopiló información del manejo de residuos con las personas relacionadas con el manejo de residuos y en la segunda etapa se hizo un estudio de generación y se obtuvo una muestra representativa de los residuos para determinar su composición, pH y peso volumétrico.

2.1 Recopilación de información

Para conocer el estado del sistema de gestión de residuos se encuestó a las personas relacionadas con el manejo de éstos. También se realizó una visita al sitio de disposición final para conocer sus características y dimensiones. Las personas entrevistadas fueron los Regidores de Salud, Mercado, Ecología y Educación, el personal del único centro de salud en el municipio y el encargado de un centro particular de acopio.

2.2 Caracterización de los residuos sólidos

La caracterización incluyó la medición de la generación total y *per cápita* de residuos, la determinación de los subproductos, pH y peso volumétrico de los residuos sólidos domiciliarios y la generación de los residuos del mercado.

2.2.1 Generación de residuos

Ésta se realizó conforme a la norma mexicana NMX-AA-061-1985 [4]. Se incluyeron en el estudio 69 casas ubicadas en el centro del municipio, esto debido a la topografía y baja densidad poblacional en otras localidades. El primer día del estudio se les explicó a las personas el objetivo del estudio, se llenó la cédula de campo y se entregó una bolsa de polietileno color negro de 40 × 50 cm. La cédula de campo incluía la ubicación de la casa, el número de habitantes por casa, la frecuencia de recolección y el tipo de recipientes en los que se almacenan los residuos. El segundo día y los siguientes 5 días del estudio se recogieron las bolsas del día anterior, y simultáneamente se les entregó otra bolsa para depositar los residuos generados durante las 24 horas siguientes. Los residuos recolectados fueron pesados en una balanza marca OHAUS con capacidad de 5,000 g. Las muestras del primer día, correspondientes a la operación de limpieza, se desecharon.

2.2.2 Generación de residuos de mercado

El mercado abre únicamente los domingos y los residuos que se generan son almacenados temporalmente en tambos de 200 L. Estos residuos son llevados al sitio de disposición final en donde se dejan secar y finalmente se queman. Para determinar la generación de estos residuos se pesaron los tambos vacíos y los tambos conteniendo los residuos, registrando la masa de cada uno.

2.2.3 Obtención de muestra representativa

La obtención de la muestra de residuos se realizó con el método de cuarteo conforme a la norma NMX-AA-015-1985 [5]. Debido a que la generación total fue menor a 50 kg/día, la cuantificación de los subproductos se hizo con la totalidad de los residuos recolectados el día dos del estudio de generación. Se tomaron muestras para determinar el pH y peso volumétrico de los residuos. Los residuos recolectados se vaciaron sobre un piso de concreto en un lugar techado y se traspalearon con bieldos hasta homogenizarlos.



2.2.4 Selección y cuantificación de subproductos

La determinación de la composición de los residuos se realizó de acuerdo con la norma NMX-AA-022-1985 [6]. Las bolsas utilizadas para la selección de los residuos se etiquetaron previamente de acuerdo a la clasificación que establece la norma. Los subproductos clasificados en las bolsas correspondientes se pesaron y se registró su masa. Para calcular el porcentaje de cada subproducto, se empleó la siguiente ecuación:

$$PS = \frac{G_1}{G} \times 100 \quad (1)$$

Donde PS es el porcentaje en masa del subproducto, G_1 es la masa del subproducto en kg y G es la masa total de la muestra en kg.

2.2.5 Determinación del peso volumétrico

El peso volumétrico de los residuos se determinó con base a la norma NMX-AA-019-1985 [7]. Sin embargo, debido a que la generación total de residuos fue menor a 50kg/día se utilizó un contenedor de 12 L en lugar del contenedor de 200 L que requiere esta norma. El contenedor vacío se pesó para obtener la tara. Después, este contenedor se llenó con los residuos homogenizados, se golpeó tres veces contra el piso y se agregaron más residuos hasta el tope. Finalmente, se pesó el recipiente con los residuos y se registró su masa. Para determinar el peso volumétrico se empleó la siguiente ecuación:

$$P_v = \frac{P}{V} \quad (2)$$

Donde P_v es el peso volumétrico de los residuos sólidos en kg/m^3 , P es la masa de los residuos sólidos en kg y V es el volumen del contenedor en m^3 .

2.2.6 Determinación de pH

El pH de los residuos se midió conforme a la norma NMX-AA-25-1984 [8], aunque la medición se realizó 24 horas después del muestreo y con agua potable. La muestra de residuos, tomada en la selección y cuantificación de subproductos, se cortó en pequeños fragmentos. Se pesaron 10 g de la muestra y se transfirieron a un contenedor de plástico limpio con capacidad de 20 L. Se agregó aproximadamente 1 L de agua potable en el recipiente, se utilizó esta calidad de agua debido a que no se contaba con agua desionizada o destilada. Antes de agregar el agua a los residuos se midió su pH. Los residuos mezclados con el agua se dejaron reposar durante 30 minutos y se midió su pH con tiras de pH marca Universal test paper ®.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se presentan los resultados obtenidos en la recopilación de información y la caracterización de los residuos sólidos. También se discuten estos resultados en el contexto de una propuesta para el manejo integral de residuos en comunidades rurales o semi-rurales.



3.1 Recopilación de información

Las autoridades municipales y la población tienen conocimiento de los tipos de subproductos domiciliarios que se generan en la población, pero no se conocía de la cantidad de residuos que se generan. El municipio no cuenta con servicio de recolección domiciliaria y no hay antecedentes de estudios de generación y composición de los residuos.

Los residuos biológico-infecciosos generados en la unidad de salud no se cuantifican. De acuerdo con el personal de salud, la generación de estos residuos es de aproximadamente 1.5 a 2.0 kg/mes y están compuestos principalmente de materiales de curación. Estos residuos son esterilizados y llevados a un pozo de confinamiento que se encuentra cerca del sitio de disposición final.

El tiradero a cielo abierto tiene dimensiones aproximadas de 10×20 m, al que llegan principalmente los residuos del mercado y de los negocios. El tiradero no cuenta con barda perimetral ni membrana impermeable y no se controla el acceso ni el tipo de residuos que se depositan. Los residuos no se pesan al ingresar al tiradero. Durante las visitas al tiradero no se observaron pepenadores ni fauna nociva. Una vez depositados los residuos, se dejan secar y luego se queman. El tiradero se encuentra aproximadamente a 1 Km de la comunidad.

3.2 Caracterización de los residuos

En esta sección se presentan los resultados de la generación de residuos, la cuantificación de subproductos y la determinación de pH y peso específico, cuando es posible estos valores se comparan con el promedio nacional.

3.2.1 Generación de residuos

De acuerdo a los datos obtenidos en las cédulas de campo el 71% de los hogares separan sus residuos orgánicos para depositarlos en sus terrenos, hacer composta o alimentar a sus animales. Los residuos inorgánicos los depositan en bolsas y botes de plástico o de metal y posteriormente los queman.

La generación total promedio de los residuos se estimó en 28.0 kg/día y la generación *per cápita* en 0.106 kg/hab/día. Aunque este valor es bajo comparado con el promedio en México que varía entre 1.514 kg/hab/día para la región Noreste y 0.332 kg/hab/día para la región Sur [2], hay que considerar que el estudio se realizó solamente en el centro del municipio, la población es rural, no hay industrias. La generación de residuos de mercado se estimó en 192.2 kg/semana.

3.2.2 Selección y cuantificación de subproductos

En la figura 1 se presentan los principales subproductos encontrados en el estudio de generación. El residuo generado en mayor cantidad fue el de alimentos con 9.092 kg (28 %), seguido del plástico de película con 3.403 kg (11 %) y la fibra dura vegetal con 3.888 kg (10%). El porcentaje de residuos de alimentos es similar al promedio nacional (25.57%), sin embargo el porcentaje de plástico de película es mayor al promedio nacional en la categoría de plástico rígido y de película (7.22 %) [2]. El subproducto de fibra dura vegetal está integrado en su mayoría por residuos de palma, y se genera de manera considerable porque en la comunidad se elaboran artesanías con este material.

La generación de residuos de papel de baño, pañales y los subproductos reciclables como PET, cartón, vidrio, latas de aluminio y envase en cartón encerado fue subestimada en el estudio. Los materiales reciclables son separados para su venta en el centro de acopio del municipio o en el distrito de Tlaxiaco.

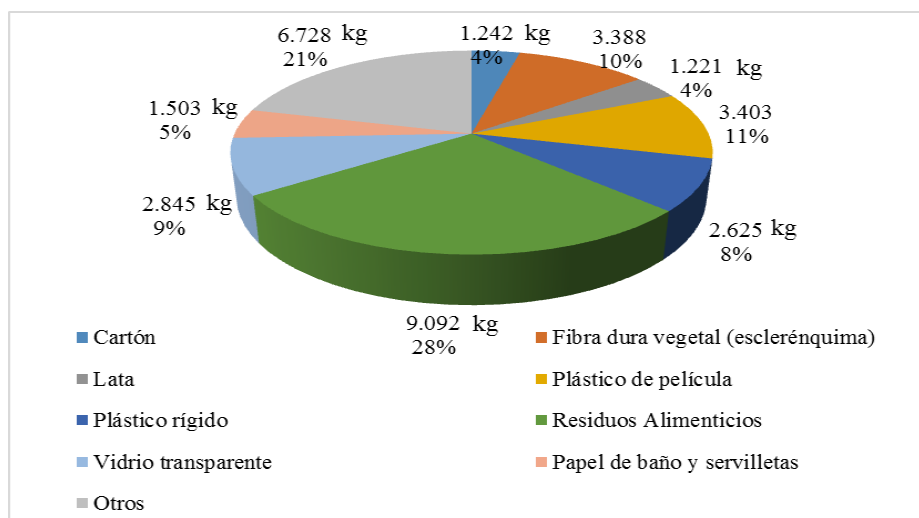


Figura 1. Composición de los subproductos generados en el municipio de Magdalena Peñasco

3.2.3 Determinación del peso volumétrico

El peso volumétrico de los residuos del municipio de Magdalena Peñasco, estimado en 29.167 kg/m^3 , es bajo en comparación con el promedio nacional que varía entre 160 kg/m^3 en la región Occidente y 120 kg/m^3 en la región Noroeste [2].

3.2.4 Determinación del pH

El pH del agua potable fue de 6 y no cambió al agregar los residuos. El valor del pH obtenido se encuentra dentro de los rangos permitidos para que los residuos orgánicos se puedan compostear.

3.3 Propuesta de manejo de los residuos sólidos

La falta de un servicio de recolección ocasiona que haya acumulación de residuos en los hogares y quema no controlada de éstos, sin embargo debido a los costos económicos que implica no sería posible proporcionar este servicio. Por lo que se propone, aprovechar la separación de residuos orgánicos que los habitantes realizan en la actualidad para la elaboración de composta. Para los residuos inorgánicos valorizables se propone poner contenedores en el centro del municipio y en otros puntos estratégicos, los residuos acopiados se podrían vender al centro de acopio del municipio.

Para los residuos de mercado se propone su separación en el origen, esto potenciaría el aprovechamiento de los residuos orgánicos para elaboración de composta y la venta de materiales inorgánicos como cartón, aluminio, PET, vidrio y cartón encerado. Todas estas acciones tendrían que ir acompañadas de campañas de educación ambiental, para lo que se podría utilizar la plataforma del programa oportunidades y la radio comunitaria XETLA de Tlaxiaco.

La quema no controlada de residuos, practicada actualmente en los hogares y en el tiradero, no es recomendable ya que en este proceso se pueden formar dioxinas y furanos que son contaminantes orgánicos persistentes con impactos negativos en la salud humana. Por lo que habría que desarrollar alternativas para el manejo de residuos no valorizables tomando en



cuenta las condiciones económicas, la infraestructura disponible en el municipio y los posibles impactos en la salud humana y al ambiente debido a la acumulación de residuos en el tiradero.

4. CONCLUSIONES

El municipio de Magdalena Peñasco no cuenta con servicio de recolección domiciliaria de residuos. Por ahora el servicio de recolección no ha sido necesario porque la generación es pequeña, sin embargo, hay que considerar que la falta de servicio de recolección ocasiona la quema no controlada de residuos. El Municipio cuenta con un tiradero, el cual no cumple con las especificaciones que establece la NOM-083-SEMARNAT-2003, en el que se queman de forma no controlada los residuos. En este trabajo se plantea la separación en la fuente de los residuos, el compostaje de los residuos orgánicos y la venta de materiales reciclables como el cartón, PET, vidrio y latas de aluminio.

A pesar de que Magdalena Peñasco es un municipio pequeño, tiene la posibilidad de hacer un manejo adecuado de sus residuos. Esto se puede lograr con una inversión pequeña en infraestructura e implementación de campañas educativas y de cambios de hábitos. A largo plazo se podría evaluar la creación de un centro de acopio intermunicipal y un relleno sanitario que satisfaga la legislación vigente para los residuos que no son valorizables. Este estudio servirá de base para proponer alternativas de manejo integral de residuos de acuerdo a las características económicas, geográficas y culturales locales.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la participación de las autoridades y de la población del Municipio de Magdalena Peñasco.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. (03 de Junio 2013) Sistema de consulta de Estadísticas Ambientales. Residuos sólidos urbanos. México.
<http://mapserver.inegi.org.mx/dsist/ambiental/map/indexV3FFM.html>
- [2] INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático). (2012). Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos. México. pp. 17.
- [3] Aquino, E. (2011). “*Plan de Desarrollo Municipal 2011-2013*”, *Magdalena Peñasco, Tlaxiaco, Oaxaca*. pp. 47-50.
- [4] Diario Oficial de la Federación. (1985). Norma Mexicana NMX-AA-061-1985. Protección al ambiente-Contaminación de suelo-Residuos sólidos municipales-Determinación de la generación. México.
- [5] Diario Oficial de la Federación. (1985). Norma Mexicana NMX-AA-015-1985. Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos municipales-Muestreo-Método de cuarteo. México.
- [6] Diario Oficial de la Federación. (1985). Norma Mexicana NMX-AA-022-1985. Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos municipales-Selección y cuantificación de subproductos. México
- [7] Diario Oficial de la Federación. (1985). Norma Mexicana NMX-AA-019-1985. Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos municipales-Peso volumétrico "in situ". México.
- [8] Diario Oficial de la Federación. (1984). Norma Mexicana NMX-AA-025-1984. Protección al ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos. Determinación del pH-Método Potenciométrico. México.

[Indice](#)



Comportamiento de las Propiedades Hidráulicas de Residuos Sólidos Vinculado a la Formación de Lixiviados

¹Saul Torres Corral, ¹Jaime Gárfias Solíz, ¹Javier Salas García, ¹Pedro Morales Reyes

¹Facultad de Ingeniería, Centro Interamericano de Recursos del Agua, Universidad Autónoma del Estado de México.
Carretera Toluca-Atlacomulco Km 14.5 Unidad San Cayetano. C.P. 50200. Toluca, Edo de México,
Tel: 00 52 722 296 55 50/51 y 00 52 722 180 61 91/92, e-mail: stc_7901@hotmail.com

RESUMEN

Los residuos sólidos (RS) enterrados en un vertedero constituyen un medio poroso que aloja dos fluidos, lixiviados y biogás. La formación de lixiviados y su emisión sin control hacia el ambiente representan el mayor problema ambiental relacionado con la disposición de RS en un vertedero. Su generación se debe entre las causas principales a la entrada de humedad y prácticas operacionales del vertedero. Ante tal problemática, y con la finalidad de entender mejor el proceso de formación de los lixiviados, se realizó la caracterización de los RS depositados en el vertedero de Almoloya del Río para conocer su composición porcentual, con la finalidad de identificar que proporción de estos pudieran tener una buena capacidad de absorción de humedad. Los resultados obtenidos han mostrado que el 39.2 % de los RS corresponden a orgánicos putrescibles (residuos alimenticios, jardinería entre otros), el resto son residuos orgánicos no putrescibles (papel, cartón, textiles, etc.), inorgánicos degradables (metales) y no degradables (plástico y vidrio). En esta caracterización destaca el porcentaje encontrado de textiles, que fue del 12.2 %. La razón atribuible a este valor, se debe a la existencia de talleres dedicados a la elaboración de prendas de vestir. Tal vez, esta proporción elevada de textiles podría representar un buen medio absorbente de humedad dentro de la matriz de RS, incrementando su valor de capacidad de campo, lo que en consecuencia retrasaría la formación de lixiviados disminuyendo de manera directa su tasa de producción.

Palabras Clave: *Capacidad de campo, Humedad, Lixiviados, Residuos Sólidos.*

1. INTRODUCCIÓN

Las propiedades hidráulicas de los residuos sólidos urbanos (RSU), tales como la capacidad de campo o la conductividad hidráulica, en conjunto con otros parámetros físicos como la densidad de compactación o la distribución de las capas, gobiernan el movimiento de humedad y la cantidad generada de lixiviados en los vertederos de RSU. La evaluación de estas propiedades resultan crítica para el entendimiento del proceso de formación de lixiviados como en el diseño del sistema de contención y almacenamiento en un relleno sanitario [1]. Es bien sabido que la forma de operación de un vertedero influirá en la cantidad de producción de lixiviados, ya que si en el se confinan residuos con alto porcentaje de humedad, como suelen ser los alimenticios o los residuos en estado líquido tales como aquellos provenientes de una planta tratadora de aguas residuales, notablemente se disminuirá la capacidad de almacenamiento de humedad de la masa de residuos fomentando la producción de lixiviados [2]. Por otro lado la presencia de altas proporciones de papel, cartón u otros similares mejorará la capacidad de absorción de los RSU, de ahí que se refleje en una disminución en la cantidad generada de lixiviados [3].

Así de esta forma se espera que residuos con proporciones altas de materiales absorbentes tengan valores más altos de capacidad de campo en relación a aquellos que no los tienen, incrementando significativamente el tiempo de aparición del primer lixiviado lo que provocaría que haya una disminución en el volumen producido. En este sentido el presente trabajo tienen como objetivo, caracterizar los residuos del vertedero no controlado de Almoloya del Río con la finalidad de identificar si en este sitio existen materiales con alta capacidad de absorción que pudieran influir en el volumen

generado de lixiviados. El enfoque que pretende este trabajo es establecer las bases que permitan continuar en el desarrollo de proyectos de investigación, que cuantifiquen el volumen real formado de lixiviado en pruebas de columna, a partir de la composición porcentual obtenida de los residuos de esta primera etapa.

2. METODOLOGÍA

2.1 Vertedero de estudio

El sitio de estudio se localiza en la parte central del Estado de México, en Almoloya del Río, a 26 kilómetros de la Capital del Estado de México, Toluca. El municipio alcanza una altitud entre 2,500 y 2,600 msnm. Sus coordenadas son 19° 10' 30" de latitud norte y 99° 29' 15" de longitud oeste. Colinda al norte con Atizapán (Santa Cruz) y Tianguistenco; al sur con Tianguistenco y Texcalyacac; al este con Tianguistenco y Xalatlaco, mientras que al oeste con San Antonio la Isla como se observa en la Figura 1. De acuerdo a los datos del último censo de población y vivienda 2010 [4], en este municipio hay una población de 10,886 habitantes, cuya actividad económica principal es la elaboración de prendas de vestir.

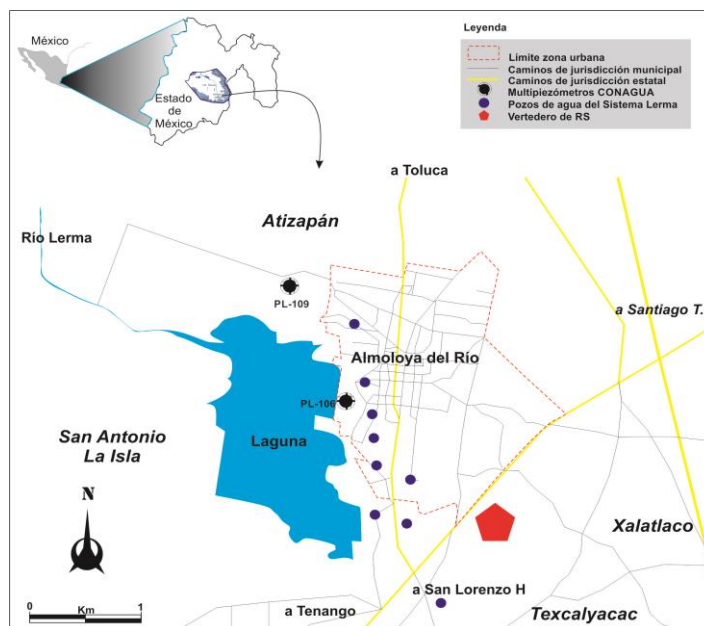


Figura 1. Ubicación del vertedero de RS dentro del municipio, de los pozos del SL y de los piezómetros PL-106 y PL-109 de la CONAGUA necesarios en el monitoreo de las cargas hidráulicas en el acuífero.

En cuanto al vertedero, este empezó a funcionar desde hace 19 años bajo la responsabilidad de las autoridades locales, en un socavón parcialmente agotado de 8000 m², que carece de todas las medidas de protección ambiental. La NOM-083-SEMARNAT-2003 clasifica a este vertedero como un sitio tipo D puesto que ingresan menos de 10 toneladas diarias de RS, no obstante su ubicación estratégica dentro del acuífero del valle de Toluca es preponderante desde el punto de vista hidrológico, ya que aquí, se encuentran instalada la red de pozos de suministro de agua potable que integran al Sistema Lerma (SL), los cuales extraen agua para distribuirse a los municipios de la región y cubrir sus necesidades agrícolas, urbanas e industriales, el resto es enviado a la ciudad de México a través del sistema Cutzamala [5]. Por otro lado, se ha identificado que la una unidad estratigráfica que contiene el acuífero que subyace bajo el vertedero, la conforman dos acuíferos: el inferior, que es de tipo semiconfinado, el cual se integra de una combinación de depósitos volcanoclásticos asociados a una extensa formación basáltica, con un espesor de 100 a 400 m a través del acuífero y el superior ubicado



por encima del acuífero antes mencionado, que está parcialmente semiconfinado y libre, constituido geológicamente de sedimentos aluviales heterogéneos, y separado del acuífero inferior por lentes de materiales arcillosos orgánicos de baja permeabilidad distribuidos de manera irregular [6].

2.2 Selección de la muestra

Se seleccionó una muestra aleatoria diaria directamente del camión recolector, equivalente al volumen correspondiente a un saco de 50 kg, para integrar una muestra compuesta al final de la semana. Las muestras individuales registraron un peso inferior a 15 kg, por lo que el total acumulado no fue mayor a 100 kg. En este sentido, hay algunos trabajos en los que realizaron estudios de caracterización de residuos tomando un tamaño de muestra similar al planteado en este estudio [7] - [8].

2.3 Clasificación de los subproductos

La muestra compuesta se integró formando un montículo, la cual se traspaleo de un lado a otro a fin de homogeneizarla empleado para ello bieldos. En seguida se dividió el montón de residuos obtenido en cuatro partes iguales, que para fines prácticos se identificaron como A, B, C y D, eliminándose dos cuartas partes del total eligiendo aquellas partes opuestas A y C o B y D. Este procedimiento se repitió hasta dejar un peso de aproximadamente 50 kg de residuos, con los cuales se realizó la selección de subproductos de manera manual colocándolos en bolsas de polietileno debidamente identificadas hasta haber agotado la muestra. Posteriormente se registró el peso de cada una de las bolsas, empleando en esta labor una balanza mecánica de brazo de 100 kg de capacidad. Los valores de peso obtenidos se usaron para calcular el porcentaje de cada subproducto clasificado tomando como referencia la NMX-AA-022-1985.

2.3 Determinación del peso volumétrico y humedad

La parte de la muestra que sobra después del cuarteo, se utilizó para determinar *in situ* el peso volumétrico de los residuos. El procedimiento que se siguió es el establecido en la NMX-019-1985. Durante la determinación del peso volumétrico, se tomó una muestra representativa como lo especifica la NMX-016-1984 con la cual se hizo la determinación de la humedad. Esta muestra se colocó en una bolsa de plástico que fue sellada perfectamente para evitar en lo máximo la pérdida de humedad. Posteriormente se trasladó al laboratorio para desmenuzarse en un área limpia y seca, hasta tener un tamaño máximo de 5 cm y un kilogramo de peso. El contenido de humedad se realizó mediante secado a peso constante en un horno a 105 °C durante 24 horas.

3. RESULTADOS

3.1 Composición física

Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 1. En esta se observa que el 39.2 % son residuos orgánicos, que resulta inferior con el 54 % del promedio nacional reportado por la SEDESOL 2012 [9]. No obstante al compararlos con estudios realizados en municipios del estado de México con características similares al lugar de estudio, el porcentaje resulta similar [10]. Lo anterior se puede atribuir a que aún la gente acostumbra a depositar parte de sus desechos orgánicos en sus parcelas de cultivo, como una medida de regeneración del suelo. Por otro lado, al confrontar el 24 % obtenido de elementos que pueden mejorar la capacidad de absorción de humedad como es el papel, cartón y los textiles, se tienen varios contrastes, por un lado es mayor en relación al 15.2 % del promedio nacional y al 11.57 % reportado en



Patzcuaro Michoacán; pero es inferior al 24.33 % y 29.07 % reportado para la Ciudad de México y Ensenada, Baja California respectivamente [11] - [13].

En el caso particular al compararlos nuevamente con municipio pertenecientes al territorio mexiquense, el 24 % es mayor al 17 % de Tepozotlan y al 8 % de Xalatlaco. Estas diferencias se deben sobre todo a los patrones de consume existentes entre ciudades y pueblos y a los programas de manejo de RSU que cada lugar probablemente ha implementado. Pese a las diferencias encontradas, hay un elemento de los 14 identificados en esta caracterización que presenta una singularidad en su composición porcentual. Este elemento particular corresponde al 12.2% de textiles, que es mucho mayor comparado ante los demás estudios analizados.

Tabla 1. Peso y composición porcentual de los residuos depositados en el vertedero de Almoloya del Río

No	Elemento	Kg	No	Elemento	Kg	No	Elemento	% w _n
1	Cartón	3.70	9	Pañal	4.6	1	Papel y cartón	11.6
2	Tetrapack	0.3	10	PET	2.3	2	Textiles	12.2
3	Fibra vegetal	0.28	11	Poliuretano	0.35	3	Plásticos	19.2
4	Textil	4.2	12	Unicel	0.14	4	Vidrio	2
5	Hueso	0.11	13	R. Alimenticios	13	5	Metales	1
6	Bolsa de Plástico	4.30	14	Vidrio	0.7	6	Residuos orgánicos	39.2
7	Latas	0.36		Total	34.5	7	Otros	14.7
8	Madera	0.15					Total	100

Tabla 2. Valores de humedad y densidad obtenidos en la muestras de residuos del vertedero de Almoloya de Río. Se presenta con fines comparativos, valores de capacidad de campo reportados en literatura obtenidos a densidades de compactación bajas

% de Humedad	Densidad masa húmeda (Kg/m ³)	Densidad masa seca (Kg/m ³)	Humedad inicial (vol/vol)	Capacidad de campo (vol/vol)				
				*Zeiss and Major 1993		*Hughes et al. 1971	*Orta de Velázquez et al. 2003	*Schroeder et al. 1994
				165 Kg/m ³	187 Kg/m ³	Sin compactar	200 Kg/m ³	312 Kg/m ³
51	170	83.3	0.087	0.123	0.147	0.1	0.39	0.292

*[14] - [17]

En cuanto a la densidad de compactación y humedad medida en los residuos, la tabla 2 contiene los resultados, entre otra cosa también, algunos datos de capacidad de campo reportados en diferentes estudios. Tomando como referencia estos valores de capacidad de campo, se tiene que la capacidad de retención de humedad de los residuos está entre 0.036 vol/vol y 0.303 vol/vol, lo que significa que se requeriría de 0.23 L a 1.44 L de humedad por kilogramo de residuos para



la formación de lixiviados, a partir de una humedad inicial de 0.087 vol/vol. No obstante estas son proyecciones que dan pauta para futuros temas de investigación.

4. CONCLUSIONES

La caracterización hecha a los residuos mostraron que el porcentaje de textiles representa una fracción significativa dentro de la masa total de residuos, incluso sumando el 11.6 % correspondiente al papel y cartón podrían comportarse en conjunto, como buenos elementos con alta capacidad de absorción. Una característica importante que se podría esperar con elementos que absorban proporciones altas de humedad, es que su valor de capacidad de campo también sea mayor, reflejándose directamente en el retardo en la aparición de lixiviados.

5. AGRADECIMIENTOS

Al CONACyT y al Centro Interamericano de Recursos del Agua de la Universidad Autónoma del Estado de México por brindar el apoyo económico y el uso de sus instalaciones para el desarrollo del presente trabajos. Además del Municipio de Almoloya el Río por facilitar el acceso a su vertedero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Reddy K., Hettiarachchi H., Parakalla N., Gangathulasi J., Bogner J. and Lagier T. 2009. "Hydraulic Conductivity of MSW in Landfills". *Journal of Environmental Engineering*. Vol. 135(8). pp 677-683.
- [2] Bagchi A. 1994. *Design, Construction and Monitoring of Landfill*. 2 ed. 1994. Wiley-Interscience, New York. 376p.
- [3] Chen T. H. and Chynoweth D. P. 1995. "Hydraulic Conductivity of Compacted Municipal Solid Waste". *Bioresource Technology*. Vol. 51(2-3). pp 205-212.
- [4] INEGI (Fecha de consulta: 28/06/2014). www.inegi.org.mx
- [5] Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica. 1968a. *Informe de trabajos ejecutados del periodo del 1o. de septiembre del año de 1967 al 31 de agosto del año de 1968*, México.
- [6] Comisión Nacional del Agua. 1996b. *Estudio de simulación hidrodinámica y diseño óptimo de las redes de observación de los acuíferos de Calera, San Luis Potosí y Toluca*. Tomo3: *Acuífero de Toluca*. Ariel Consultores México.
- [7] Gomez G., Meneses M., Ballinas L and Castells F. 2008. "Characterization of urban solid waste in Chihuahua, Mexico". *Waste Management*. 28. pp 2465-2471.
- [8] Zeng Y., Trauth K.M., Peyton R.L. and Banerji S. 2005. "Characterization of solid waste disposed at Columbia Sanitary Landfill in Missouri". *Waste Management and Research*. 23. pp 62-71.
- [9] SEDESOL 2012. Dirección de equipamiento e infraestructura en Zonas Urbano-Marginadas (Fecha de consulta: 28/06/2014). www.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Cap7_residuos.pdf
- [10] Gobierno del Estado de México. 2000. "Estudio de generación y caracterización de residuos sólidos municipales". *Grupo de Consultores en Ingeniería Ambiental*. Toluca, Estado de México. 66p.



- [11] Duran A., Garcés M., Velasco A. R., Marín J.C., Gutiérrez R., Moreno A. and Delgadillo N. A. 2013. "Mexico City's municipal solid waste characteristics and composition analysis". *Rev. Int. Contam. Ambie.* Vol. 29(1). pp 39-46.
- [12] Aguilar Q., Armijo C., Taboada P. A. and Ojeda S. 2010. Municipal solid waste generation and characterization in Ensenada, México. *The Open Waste Management Journal*. 3. pp 140-145.
- [13] Hernandez M. C., Mendoza E. A., Sánchez J. M., Buenrostro O. y Márquez L. "Estabilización acelerada de RSU con lixiviados recirculados diluidos". *3° Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos*. pp 1-8.
- [14] Zeiss C. and Major W. 1993. "Moisture flow through municipal solid waste: Patterns and Characteristics". *Journal of Environmental Systems*. Vol. 22(3). pp 211-231.
- [15] Hughes G., Farvolden N. R. and Larson G. 1971. "Hydrogeology of solid waste disposal sites in Northeastern, Illinois". *U.S.E.P.A Report Sw-12d*.
- [16] Orta de Velasquez M. T., Cruz-Rivera R., Rojas-Valencia N. and Monje-Ramirez I. 2003. "Determination of field capacity of municipal solid waste with surcharge simulation". *Waste Manage and Res.* 21. pp 137-144.
- [17] Schroeder R., Dozier T. S., Zappi P. A., McEnroe B. M., Sjostrom J. W. and Peyton R. L. 1994. "The HELP: Engineering Documentation for Version 3, EPA/600/9-94/xxx". *US Environmental Protection Agency Risk Reduction Engineering Laboratory*. Cincinnati, OH, USA.

[Indice](#)



II

Gestión y Política Ambiental

”Salvaguardar el medio ambiente. Es un principio rector de todo nuestro trabajo en el apoyo del desarrollo sostenible; es un componente esencial en la erradicación de la pobreza y uno de los cimientos de la Paz”.

Kofi Annan.

[Indice](#)



La Campaña de Electroacopio 2014 en Jalisco

Gerardo Bernache Pérez¹, Sofía Chávez Arce² y Carolina Mendoza Pérez³

¹CIESAS Occidente, ²Proyecto Ecovía, A.C.;

³Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas, Universidad de Guadalajara.

CIESAS Occidente, Ave. España 1359, Guadalajara, Jalisco 44190, (33) 3268-0600, gerardo.bernache@gmail.com

RESUMEN

Desde el año 2010 se han organizado campañas intermunicipales para el acopio y gestión de residuos eléctricos y electrónicos (REE) en el estado de Jalisco. El objetivo de este trabajo es analizar la Campaña de Electroacopio 2014 para entender cómo ha evolucionado en cuanto a la participación de los ciudadanos, así como los montos recolectados. Para la metodología de investigación se dio seguimiento a todas las actividades de organización y operación de la Campaña de Electroacopio (participación, observación y registro de notas). Por una parte, se obtuvieron los pesos totales de REE de cada sede municipal. Por otra parte se administró una encuesta (N=581) sobre manejo de REE en el hogar y se llenó un formato con datos de los aparatos entregados por tipo y marca. Los resultados indican que en el 2014 se recolectaron 90.3 toneladas de REE y participaron 55 ayuntamientos. Los tres principales tipos de REE recibidos, por peso en kilogramos, fueron TVs (28%), monitores (16%) e impresoras (15%). Si contabilizamos por frecuencia, los principales fueron: teléfonos celulares (23%), monitores (20%), CPUs (16%), e impresoras (15%). Conclusiones. La Campaña de Electroacopio 2014 logró llevar un mensaje y actividades de educación ambiental centradas en el manejo sustentable de los REE a los ciudadanos del estado. Además, se logró el acopio de 90.3 toneladas de residuos que recibirán un tratamiento adecuado, evitando así que se entierren en los sitios de disposición final y que causen contaminación.

Palabras Clave: *Gestión intermunicipal de residuos, Participación ciudadana, Residuos eléctricos y electrónicos, Residuos de manejo especial.*

1. INTRODUCCIÓN

Con base en datos publicados por el INE [1], un estudio reciente estimaba una producción de REE de unas 21,983 toneladas de REE para el estado y de 13,190 para la zona metropolitana de Guadalajara [2]. Estos montos de miles de toneladas anuales constituyen un problema grave ya que buena parte de esos REE se disponen de manera inadecuada en tiraderos o bien se desechan con los residuos sólidos urbanos [3] [4] [5]. El problema principal es que los REE contienen residuos peligrosos que pueden ocasionar daños en la salud de las personas que están en contacto con los mismos, así como problemas de contaminación del medio ambiente regional donde son desechados [3] [4].

A partir de 2010 se han realizado cinco campañas para la recolección, tratamiento y reciclaje de los diversos tipos de REE. En estas campañas han participado 55 ayuntamientos del estado de Jalisco que han organizado programas y talleres de educación ambiental, han capacitado a grupos de voluntarios y han instalado Centros de Acopio de los REE. En este tipo de campañas se enfatiza la relación sociedad y gobierno. En este esfuerzo se han integrado actores sociales y públicos a partir de la primera campaña en 2010. Es importante notar que hasta el 2013 se han recolectado un total de 365.9 toneladas de REE [2]. La Campaña Electroacopio 2014 en Jalisco se desarrolló durante cuatro fines de semana a finales de enero y durante el mes de febrero. En esta campaña se hizo acopio de 90.3 toneladas, un monto menor a las más de 100 toneladas obtenidas en los tres años previos.

Las campañas se organizan con seis meses de anticipación, se tiene un Comité Organizador (en el cual El Proyecto Ecovía y la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial juegan un papel central) que convoca a los ayuntamientos a participar, se realizan sesiones para acordar fechas, programas, estrategia de difusión, rutas de transporte



y logística de la campaña. También se selecciona una empresa con la cual se trabajará. La empresa recibe todos los REE recolectados en la campaña y contribuye con transporte y personal para la carga y traslado de los REE desde los diferentes puntos de origen en el interior del estado. Es importante subrayar que en esta campaña no hay compra-venta de residuos, no hay ninguna transacción económica entre las partes. El objetivo de todo este esfuerzo detrás de las campañas es impulsar el manejo ambiental sustentable de los REE a partir de su acopio, para luego darles tratamiento (desensamble, separación y preparación de materiales) para su reciclaje.

En el Comité Organizador también participa un grupo de investigadores universitarios que realizan actividades de asesoría técnica, evaluación de las empresas y participan en la elaboración y operación de la parte de registro, captura y análisis de datos resultantes de la campaña.

El objetivo de este trabajo es analizar la Campaña de Electroacopio 2014 para entender cómo ha evolucionado en cuanto a la participación de los ayuntamientos y los ciudadanos, así como los montos de REE recolectados. También se tiene como objetivo, el análisis de la educación ambiental y las acciones de manejo de los REE en contextos domésticos.

2. METODOLOGÍA

En esta investigación se realizaron actividades centradas en la Campaña de Electroacopio 2014. Se utilizaron dos tipos de instrumentos para la recolección de información pertinente de acuerdo a los objetivos del proyecto. Por una parte se elaboró una hoja de registro para la captura de los datos de pesaje de los REE recolectados por sede municipal y por región del estado, esta información fue obtenida de manera independiente por la empresa recicladora de REE que participó en la campaña 2014. Por otra parte, se elaboró un cuestionario sobre conocimientos, educación y manejo de los REE por parte de los ciudadanos. El cuestionario tiene un total de 15 ítems, más datos de identificación general, consta de tres categorías generales: participación en la campaña, conocimiento y prácticas de manejo de los REE, y cuidado al medio ambiente. El cuestionario fue administrado a una muestra de 581 residentes de los 55 municipios participantes a nivel estatal.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación a la Campaña de Electroacopio realizada en febrero de 2014 en 55 municipios del estado de Jalisco, se obtuvo un acopio total de 90.3 toneladas de REE. Este monto es menor en casi 20 toneladas respecto a lo recolectado en la campaña 2013 que fue de 110.6 toneladas [2]. Como resultado de la investigación que acompañó la campaña, tenemos tres tipos de datos: el peso en kilogramos total y por tipo de aparato; las frecuencias de los aparatos entregados por tipo; y el reporte de la encuesta en los 15 ítems.

La Tabla 1 muestra el total de REE de las últimas tres campañas y el número de ayuntamientos participantes.

Tabla 1. Campañas de Electroacopio en el estado de Jalisco

Campaña Intermunicipal	Ayuntamientos participantes	Toneladas de REE recolectadas
2011	23	100.2
2012	30	104.4
2013	46	110.6
2014	55	90.3



Los principales tipos de REE clasificados en la campaña, de acuerdo al peso en toneladas, fueron: las TVs con 28%, los monitores con 16%, y las impresoras con 15%. El conjunto de “otros electrónicos” sumó un 38% del peso total.

De acuerdo al registro de los tipos de aparatos reportados por los ciudadanos en el formato de entrega, mismo que se llenó al momento de llegar al Centro de Acopio. Los participantes reportaron que estaban entregando un número de REE por tipo. De acuerdo a ese reporte, tenemos que los principales tipos de REE fueron: los teléfonos celulares (23%), seguido de monitores (19%), CPUs (16%) e impresoras (15%). La Figura 1 muestra el perfil de distribución porcentual de los REE entregados por ciudadanos.

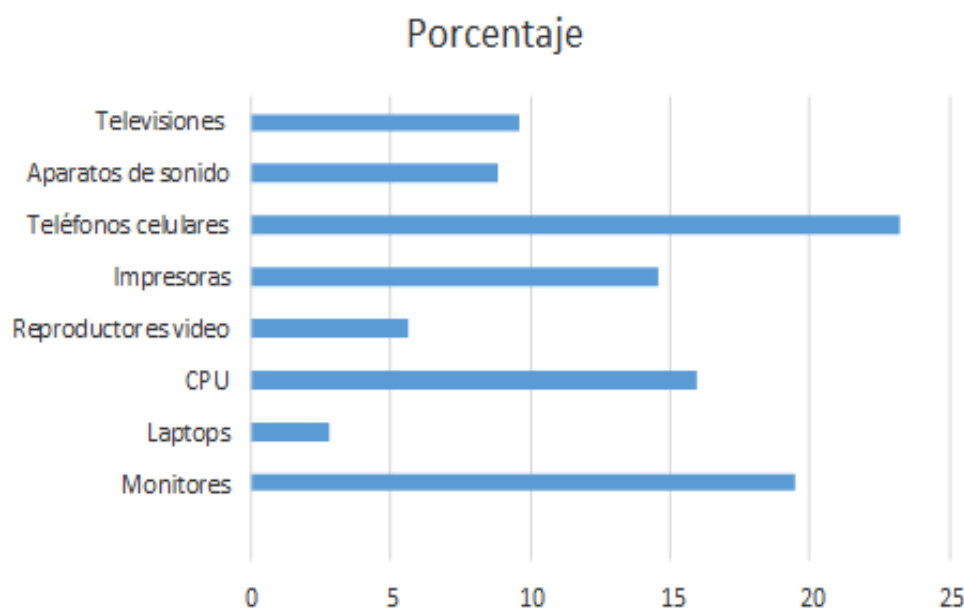


Figura 1. Tipos de Residuos Eléctricos y Electrónicos entregados en la Campaña de Electroacopio

Los monitores y televisiones son dos tipos de residuos que tiene características semejantes, juntos alcanzan un 28% de los REE entregados, por lo que son un tipo de residuo a evitar su disposición inadecuada. Lo anterior por el tipo de problemáticas asociadas a este tipo de tecnología de tubo de rayos catódicos con plomo en los cristales y residuos de sustancias peligrosas en el interior del tubo.

3.1 Resultados de la encuesta

Por lo que respecta a la Encuesta de conocimiento y manejo de los REE. La participación en la encuesta fue de 581 personas desde los 55 municipios participantes. Respecto a la participación de ciudadanos en la Campaña, los estudiantes fueron los que más participaron (un 30%) del total, en segundo lugar estuvieron los empleados con un 19% y en tercer lugar estuvieron las amas de casa (18%). Las respuestas a la encuesta indican que los aparatos eléctricos y electrónicos más comunes en los hogares de Jalisco son los teléfonos celulares, seguidos por los aparatos de televisión (Figura 2).

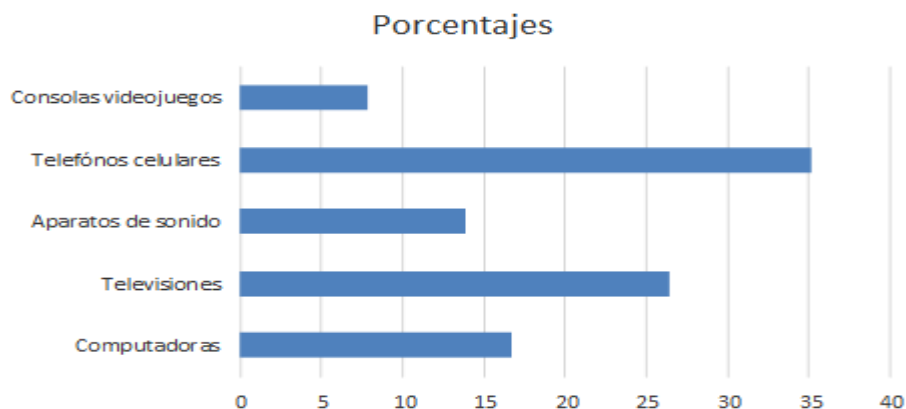


Figura 2. Aparatos eléctricos y electrónicos que tienen en casa

En cuanto al manejo de aparatos que funcionan pero que ya no usa, el 52% reportan que los guardan, o bien los regalan a familiares (16%) o los donan (13%). Con relación al manejo y disposición de aparatos que ya no sirven (REE), se hizo una pregunta abierta y las respuestas sorprenden. Si bien muchos refieren que los guardan para la siguiente campaña de acopio, también admiten que ellos tiran otros aparatos a la basura durante el ciclo anual, o bien los venden a los chatarreros. Cuando se les preguntó más específicamente sobre el manejo de REE por parte de sus vecinos que no participan en la campaña, las respuestas indican que la mayoría los tira a la basura (58%), pero también venden sus REE a chatarreros (28%) o bien los guardan en casa (13%).

Cuando se preguntó, en el cuestionario, sobre la razón por la que otras personas de su colonia no participan en la Campaña de Electroacopio, el 43% señaló que es por falta de información oportuna sobre las fechas y lugares de los centros de acopio. Mientras que el 45% de los encuestados respondió que no le dan importancia y no les interesa el cuidado al medio ambiente, parece que la educación y cultura ambiental no están bien consolidadas.

Por último, respecto a la motivación de los que participan en la campaña de electroacopio, el 33% de los participantes los motiva una mejoría en el medio ambiente, mientras que el 28 % refiere que con sus acciones evita la contaminación (Figura 3).

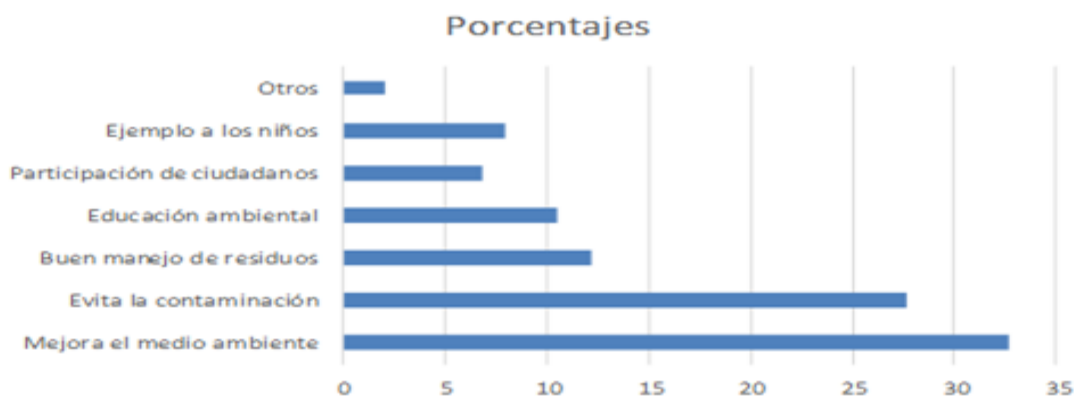


Figura 3. Motivación de los participantes en la Campaña Electroacopio



4. CONCLUSIONES

Las campañas de recolección, acopio y reciclaje de los REE se han consolidado con la participación de 55 ayuntamientos del estado de Jalisco. En estos ayuntamientos residen 3 de cada 4 jaliscienses. Con la Campaña Electroacopio 2014 se recolectaron poco más de 90 toneladas de REE, esto es un gran resultado ya que este esfuerzo va más allá de la recolección de residuos físicos. Los programas de educación ambiental, los talleres con actividades prácticas para niños y jóvenes son también un componente importante de estas campañas. La educación para la gestión integral de residuos y el manejo adecuado de los REE ha sido el eje de las actividades a nivel estatal.

Es evidente que la campaña 2014 ha sido la más baja en recolección de REE, quizá ese hecho se pueda explicar por las siguientes razones. Primero, el sector de la población que ha participado en estas campañas previamente tiene menos residuos que entregar. Segundo, en algunos municipios se presentaron situaciones en las que “chatarreros” que compran aparatos viejos pasaron precisamente unos días antes de la campaña y dejaron poco para entregar. Una última razón es que se suscitó un problema con el pesaje en una ruta del estado en el que no se pudo comprobar el tonelaje exacto entregado por tres municipios, por lo que podríamos estar subestimando el tonelaje total.

Como resultado de la encuesta podemos reconocer que la cultura ambiental de los participantes ha tenido avances en dirección de la gestión integral de residuos. Es decir, los participantes están motivados principalmente por motivos ambientales, quieren evitar la contaminación que ocasiona la disposición inadecuada de los REE. Sin embargo, también se reportan comportamientos tradicionales, como es el tirar a la basura o la disposición inadecuada de REE durante el ciclo anual.

Las campañas de acopio de residuos especiales como son los REE son muy importantes y son un paso necesario en el camino a la gestión integral de residuos. Son pasos pequeños y con avances discretos, pero en una orientación muy positiva y dejando huella en los ciudadanos para inculcar el manejo y reciclaje de este tipo especial de residuos que genera, de manera abundante, la sociedad consumista contemporánea. Una sociedad de consumo donde los artículos y mercancías electrónicas se han vuelto un marcador de clase y su renovación constante (debido a su obsolescencia planeada) los convierte rápidamente en residuos que son un gran problema cuando se considera el impacto ambiental que ocasionan cuando se tiran a la corriente de RSU, cuando se venden a chatarreros, o cuando se tiran en lugares no autorizados.

REFERENCIAS

- [1] Román Moguel, Guillermo (2007) “Diagnóstico sobre la generación de residuos electrónicos en México. Informe Final.” Instituto Nacional de Ecología, desarrollado por el CIEMAD del Instituto Politécnico Nacional, México, D.F.
- [2] Bernache, G., A. Guevara, M. Peña y S. Chávez (2013) “El manejo de los residuos electrónicos en Jalisco: 2010-2013”. En C. Saldaña, S. Messina, e I. Hernández (compiladoras) *6º Encuentro Nacional de Expertos en Residuos Sólidos. Memorias*. Páginas 78-93. Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic.
- [3] Grossman, Elizabeth (2006) *High Tech Trash. Digital Devices, Hidden Toxics, and Human Health*. Island Press Shearwater Books. Washington.
- [4] González Ávila, María Eugenia (2013) “Hábitos de consumo y disposición de aparatos eléctricos y electrónicos en dos ciudades del noreste de México”. C. Saldaña, S. Messina, e I. Hernández (compiladoras) *6º Encuentro Nacional de Expertos en Residuos Sólidos. Memorias*. Páginas 97-103. Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic.
- [5] Santillán, E., L. Márquez, M. Hernández y M. Mañón (2013) “Cuantificación de los residuos electrónicos en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, para la realización del plan de manejo integral”. En C. Saldaña, S. Messina, e I. Hernández (compiladoras) *6º Encuentro Nacional de Expertos en Residuos Sólidos. Memorias*. Páginas 152-157. Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic.

[Índice](#)



Determinación del Tiempo para la Cuantificación de Bacterias Anaerobias presentes en Residuos Sólidos Urbanos y Lixiviados

¹Hernández Contreras Gisela Inés, ¹Olay Romero Elvira, ¹Hernández Berriel María del Consuelo, ¹De la Rosa Gómez Isaías, ²Márquez Benavides Liliana

¹Instituto Tecnológico de Toluca, Av. Tecnológico s/n Ex-Rancho La Virgen, Metepec, Edo. de México-México, 0447223877320, gisei_hdez@hotmail.com. ²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, San Juanito Itzicuaró s/n, Col. San Juanito Itzicuaró, Morelia, Michoacán-México.

RESUMEN

Los residuos sólidos urbanos comienzan a degradarse desde el momento en que son generados hasta la obtención del biogás y lixiviados en los sitios de disposición final. En México, la disposición más utilizada son los rellenos sanitarios. La degradación se deriva de las actividades de consorcios microbianos aeróbicos, anaeróbicos e híbridos, que van sintetizando la fracción orgánica disponible. Se han realizado estudios para determinar la densidad microbiana de éstos, por medio del método número más probable, sin embargo este método cuantifica bacterias aeróbicas y no anaeróbicas. Por lo anterior el objetivo de este trabajo fue analizar con este método el crecimiento microbiano de bacterias anaeróbicas, para determinar el tiempo estimado en el que se pueden cuantificar. Las bacterias que se analizaron fueron: celulolíticas, fermentativas, acetilclásticas metanogénicas y sulfato-reductoras, mediante muestras tomadas de seis biorreactores escala laboratorio con recirculación de lixiviados que operaron en condiciones anaeróbicas; a cuatro de ellos se les determinó la densidad bacteriana en lixiviados y a dos en los residuos, el seguimiento se realizó cada cinco días por un periodo de 30 días. Los resultados establecen que las bacterias anaeróbicas presentan una fase de estabilización de la curva de crecimiento microbiano entre los días 25 y 30, recomendando como tiempo medio para efectuar la medición de la densidad microbiana con el método número más probable al día 28 de la inoculación.

Palabras Clave: Crecimiento microbiano, Número más probable y Degradación de residuos.

1. INTRODUCCIÓN

Para el caso de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) el método más común para su disposición final son los rellenos sanitarios (RESA) [1]. En los RESA una población mixta de microorganismos degradan la fracción orgánica (FO) de los RSU, este proceso de degradación comienza en una etapa aeróbica, desde la generación en la fuente, y se intensifica en el RESA. Una vez cubiertos, el O_2 es consumido por la actividad biológica dando inicio a la etapa anaeróbica, lo que contribuye a la generación de lixiviados y biogás compuesto principalmente por CH_4 y CO_2 [2], [3], [4].

Los microorganismos presentes en los RSU son los responsables de la biodegradación gracias a su actividad metabólica en cada una de las fases: hidrólisis, fermentación, acetogénesis y metanogénesis [5]. Estos procesos tienen un orden de dependencia (producto-sustrato) y no necesariamente debe concluirse una fase para que inicie la siguiente, lo que sí es necesario es que deben predominar bacterias específicas en cada fase para degradar el sustrato de la anterior [3], [4], [5], [6]. El método de cuantificación Número más probable (NMP) establece una metodología para determinar bacterias aeróbicas, sin embargo se han realizado estudios utilizando este método para la obtención de la densidad microbiana de bacterias anaeróbicas [3], [6], [7]; [9]. Este tipo de bacterias son metabólicamente poco activas en comparación con las aeróbicas, algunas tienen un tiempo de generación que permite obtener crecimiento visible en 24 ó 48 horas, pero otras necesitan varios días para crecer o para observar algunas propiedades, como la pigmentación, lo que obliga a prolongar la incubación [9]. Por lo anterior el objetivo fue realizar un estudio para determinar el tiempo idóneo para incubar y realizar la cuantificación de las bacterias celulolíticas, fermentativas, acetilclásticas metanogénicas y sulfato-reductoras de lixiviados y RSU con este método.



2. METODOLOGÍA

2.1 Preparación de medio de cultivo específico.

En el proceso de degradación de la FO de los RSU se seleccionaron para este estudio las bacterias celulolíticas, fermentativas, reductoras de sulfatos y las metanogénicas, dichas bacterias requieren nutrientes especiales, que suministran energía para el crecimiento celular [5], por tal motivo, con base a los medios descritos en [3], [6], se elaboraron medios de cultivo específicos para cada una de dichas bacterias.

2.2 Muestra de lixiviados y RSU.

Las muestras de lixiviados y de RSU se obtuvieron de seis biorreactores anaeróbicos a escala laboratorio, utilizados en el estudio de la degradación acelerada de RSU en el Laboratorio de Investigación en Ingeniería Ambiental (LIIA) del Instituto Tecnológico de Toluca (ITT). El muestreo en dichos biorreactores se realizó dentro de una cámara anaeróbica, a la cual previamente se le efectuaron pruebas neumáticas de hermeticidad. De los lixiviados se tomó un mL, con el cual se realizaron seis diluciones. Para la muestra de RSU se licuaron 30 g de éstos con 40 mL de una solución buffer de sulfatos a pH 7 por un minuto, posteriormente se filtraron en un embudo y se tomó un mL, al cual se le realizaron seis diluciones [6]. El sembrado también se realizó dentro de la cámara anaeróbica [9].

2.3 Curva de crecimiento microbiano

El cultivo de las bacterias anaerobias seleccionadas se realizó a cuatro muestras de lixiviados y dos de RSU de los biorreactores mencionados, con base a la NMX-AA-42-1987 para el método de NMP. Para determinar la curva de crecimiento microbiano se realizaron lecturas a los cultivos en medio líquido múltiples cada cinco días durante un periodo de 30, incluyendo el día 28. Los criterios que se consideraron para identificar si un tubo era positivo o negativo se describen en la Tabla 1 [3], [4], [6], [8].

Tabla 1 Criterios para tubos positivos de NMP

Bacteria	CRITERIO 1 SUSTRATO	CRITERIO 2 TURBIDEZ Y GAS	CRITERIO 3 RESARZURINA
Celulolítica	Sí en el tubo hubo una visual desaparición de celulosa en el medio [3], [6].	Sí presenta turbidez debida al crecimiento bacteriano [9]	La Resarzurina es un colorante indicador que cambia de intensidad por la actividad metabólica de las bacterias presentes en una muestra, a una velocidad que está directamente relacionada con el número de bacterias, por lo que la degradación del color rosa a amarillo se considera positivo [4].
Fermentativa	NA	Sí presenta una lectura de densidad óptica mayor a 0.1 con 640 nm de longitud de onda [3], [6].	
Metanogénica	Sí dentro del tubo Durham existe gas derivado de la conversión del acetato de sodio en CH ₄ y CO ₂ [3], [6].	Sí presenta turbidez debida al crecimiento bacteriano y formación de gas en los tubos Durham [9].	
Sulfato-reductora	Para las bacterias reductoras de sulfatos, sí presenta un precipitado negro [3], [6].	NA	NA

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las Figuras 1 a 4 se presentan las curvas de crecimiento microbiano de las muestras de lixiviados, en ellas se puede observar que la fase de estabilización se determinó cercano al día 10, sin embargo otros consorcios siguieron desarrollándose después del día 20. Para el caso de la población de bacterias fermentativas en las Figuras 1, 2 y 3 se asumiría un decaimiento de su densidad bacteriana, sin embargo la determinación final de éstos es obtenida por absorbancia, como lo establece el criterio 2 de la Tabla 1 y dicha prueba no es posible realizarla durante el periodo de incubación, debido a que se afectaría la condición de anaerobiosis. Cabe mencionar que las dinámicas de crecimiento son diferentes, puesto que los lixiviados y RSU muestreados procedieron de biorreactores a diferentes condiciones de operación.

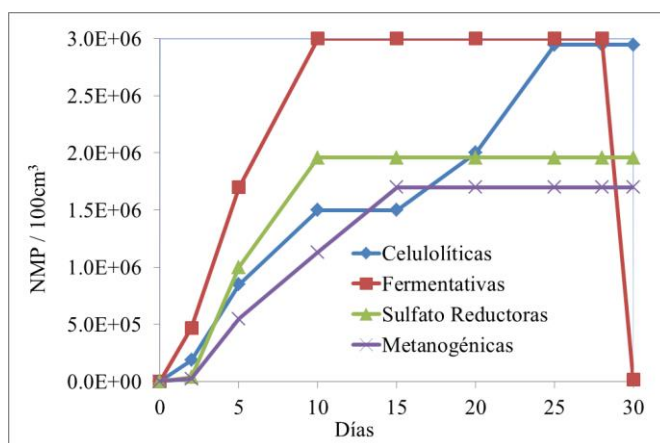


Figura 1. Curva de crecimiento microbiano en la muestra 1 de lixiviados

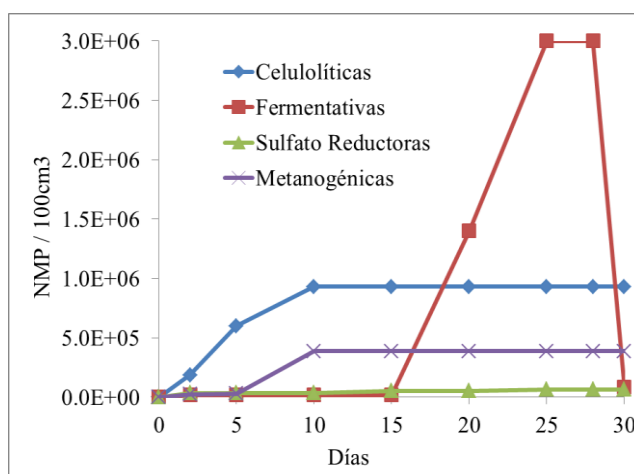


Figura 2. Curva de crecimiento microbiano en la muestra 2 de lixiviados

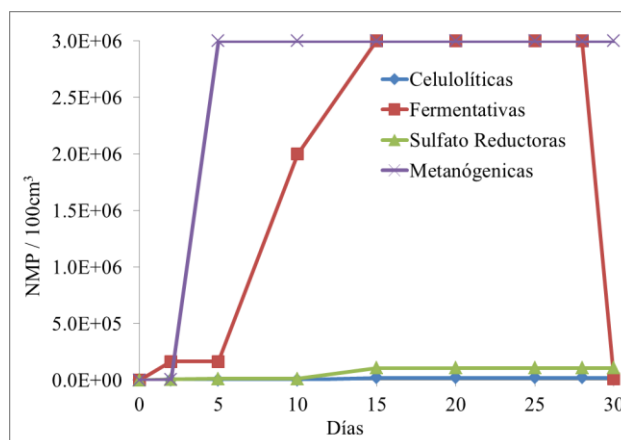


Figura 3. Curva de crecimiento microbiano en la muestra 3 de lixiviados

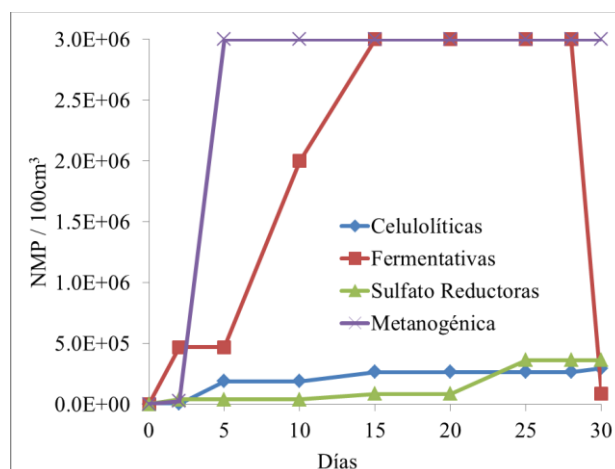


Figura 4. Curva de crecimiento microbiano en la muestra 4 de lixiviados

En las Figuras 5 y 6 se presentan los resultados de las curvas de crecimiento microbiano de las muestras de RSU degradados en los biorreactores, en ellas se observa que la fase de estabilización para las bacterias metanogénicas se puede determinar después del día ocho, mientras que los otros consorcios continúan desarrollándose. Como puede apreciarse en la Figura 5, las bacterias fermentativas pareciera que tuvieron un decaimiento, sin embargo debe considerarse la prueba final de densidad óptica.

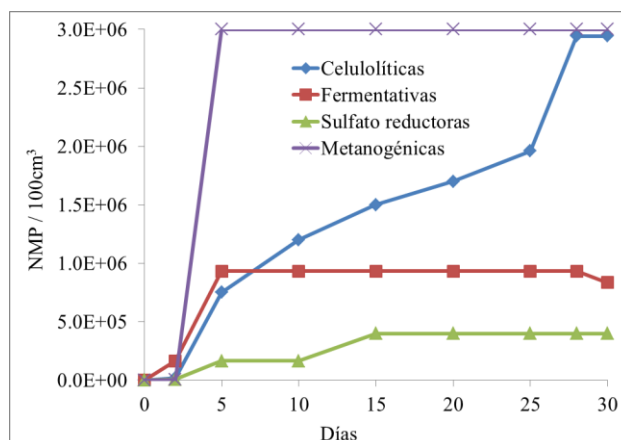


Figura 5. Curva de crecimiento microbiano en la muestra 1 de los RSU

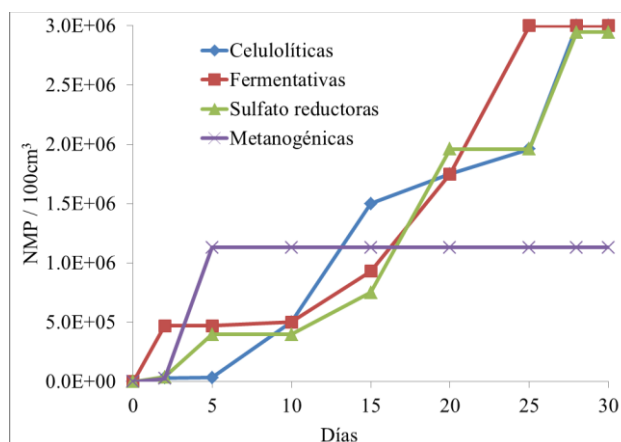


Figura 6. Curva de crecimiento microbiano en la muestra 2 de los RSU

En general tanto para lixiviados como para residuos, se puede decir que entre los días 25 y 28 ya no hubo variación en la densidad microbiana, lo anterior es cercano con los tiempos de cuantificación que reportan los trabajos [6], [7], de 28 y 30 días respectivamente, por lo que se considera en el presente estudio 28 días como tiempo idóneo para determinar la densidad microbiana anaeróbica.

4. CONCLUSIONES

Las bacterias anaeróbicas encuentran su fase de estabilización entre los días 25 al 28, por lo que el tiempo idóneo para realizar la lectura es el día 28 de la incubación.



El método NMP se basa en observaciones a criterio del investigador, dándole la característica cualitativa, por lo que los resultados son probables como lo indica la propia norma.

En el caso de las bacterias fermentativas la observación durante la incubación es cualitativa y solo al final con la determinación de la densidad óptica se atribuye una característica cuantitativa, por lo que en algunos casos la densidad microbiana disminuye.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Robles, F. *Generación de Biogás y Lixiviados en los Rellenos Sanitarios*. Publicaciones Instituto Politécnico Nacional, 2008 México D.F. pp.26.
- [2] Tchobanoglous, G., H. Theisen and S. Vigil. *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. En Evacuación de residuos sólidos rechazados. McGraw-Hill-Interamericana de España, S.A. 1994. México D.F. Vol. I.
- [3] Barlaz, M.A., Schaefer, D.M. y Ham, R.K. "Bacterial Population Development and Chemical Characteristics of Refuse Decomposition in a simulated Sanitary Landfill". *Applied and Environmental Microbiology*. Vol. 55 No. 1. 1989 pp. 55-65.
- [4] Madigan. M., Martinko, J. y Parker, J (2004). *Brock, Biología de los Microorganismos*. Décima edición. Pearson Prentice Hall. Madrid, España.
- [5] Gerardi, M.H. 2003. *The Microbiology of Anaerobic Digester*. Wiley-Interscience. ISBN: 0-471-20693-8. USA.
- [6] Márquez-Benavides, L. 2004. *Study of the Effect of Soil Inclusion on the Anaerobic Degradation of Municipal Solid Waste*. Doctoral Thesis. Department of Bioscience. University of Strathclyde in Glasgow, United Kingdom.
- [7] Martínez Cámara, C. 2011. Análisis de poblaciones bacterianas degradadoras de fracción orgánica en residuos sólidos urbanos a diferentes regímenes de recirculación de lixiviados. Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental. UMSNH, México.
- [8] CONAGUA, (Comisión Nacional de agua), 2014a. Determinación de número más probable. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de Junio de 1987. En consulta pública de fecha 13 de agosto de 2013.
- [9] Stanier, Y., Roger, Ingraham, L., Jhon, Wheelis, L., Mark y Painter, R., Page., 1992 *The Microbial Word*. Ed. 2 En: Métodos de la Microbiología,. Editorial Reverté, Barcelona, España. pp. 17-24.

[Índice](#)



Análisis Multicriterio Integral para optimizar la Gestión de Residuos Sólidos Municipales

¹Daniel Jato-Espino, ²Iñaki Tejero-Monzón, ¹Daniel Castro-Fresno, ²Javier Temprano-González, ²Amaya Lobo-García de Cortázar

¹Grupo de Investigación de Tecnología de la Construcción (GITECO). Departamento de Transportes y Tecnología de Proyectos y Procesos. Universidad de Cantabria. daniel.jato@unican.es; daniel.castro@unican.es

²Grupo de Ingeniería Ambiental (GIA). Departamento de Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente. Universidad de Cantabria. juan.tejero@unican.es; javier.temprano@unican.es; amaya.loba@unican.es

RESUMEN

Los métodos de análisis multicriterio constituyen una herramienta ampliamente utilizada para apoyar los procesos de toma de decisiones en diversos ámbitos ingenieriles. La gestión de residuos sólidos urbanos (GRSM) es una disciplina especialmente propicia para la implementación de estas técnicas, en tanto estos implican una serie de impactos importantes sobre diferentes factores en conflicto, repercutiendo en aspectos económicos, medioambientales y sociales. Para modelar esta problemática, este artículo propone el empleo de una metodología híbrida multicriterio basada en la combinación de los métodos AHP (Analytic Hierarchy Process) y VIKOR (VIseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje). El primero de ellos actúa en la fase de ponderación de los criterios que definen el entorno de toma de decisiones, mientras que el cometido del segundo es valorar una serie de alternativas factibles para la resolución del problema en función de dichos criterios. Este modelo se aplica a todas las fases presentes en el proceso de gestión de RSU, desde la recogida de los mismos hasta su posible valorización y disposición final. El carácter sinérgico de la metodología desarrollada no sólo posibilita la caracterización adecuada de un problema complejo como el propuesto, sino que lo automatiza y permite su estudio bajo escenarios diferentes. El presente trabajo muestra dicha metodología mediante un caso de aplicación para la Gestión de Residuos Sólidos Municipales en la región de Cantabria (España).

Palabras Clave: Toma de decisiones; Análisis multicriterio; AHP; VIKOR, Gestión de residuos.

1. INTRODUCCIÓN

La Gestión de Residuos Sólidos Municipales (GRSM) comprende el conjunto de operaciones y actividades destinadas al manejo de aquellas sustancias carentes de valor y uso generadas en hogares y comercios, desde su depósito y recogida inicial hasta su tratamiento tras ser transportados. La concentración demográfica experimentada por los núcleos urbanos en los últimos años, unida a un incremento en los hábitos de consumo de la población, han aumentado el interés y cantidad de estos residuos, haciendo necesaria una gestión sostenible de los mismos.

Es precisamente su ubicación espacial en espacios poblados y concurridos diariamente la que da lugar a impactos de naturaleza muy diversa en el bienestar de personas y servicios, afectando tanto a aspectos económicos, como medioambientales y sociales. Gestionar las interacciones en conflicto de tales factores puede ser una tarea compleja, lo que justifica su estudio en profundidad en términos de toma de decisiones. Bajo esta premisa, el presente trabajo propone y desarrolla una metodología de criterios múltiples para modelar el problema de gestión de residuos sólidos municipales.

El análisis multicriterio surgió como una rama de estudio dentro de la Investigación Operativa para apoyar los procesos de toma de decisiones en entornos complejos. Desde entonces, se han desarrollado multitud de métodos multicriterio a lo largo de los años con el propósito de hacer frente a este tipo de problemas. Entre ellos, las técnicas Proceso Analítico Jerárquico (AHP) y Optimización Multicriterio y Solución de Compromiso (VIKOR) han demostrado su valía a la hora



de evaluar diferentes situaciones de manera eficiente [1]-[5]. Por ello, para el caso que aquí se estudia, se propone la utilización combinada de ambos, con el objetivo de crear una metodología capaz de tratar de forma integral el proceso de gestión de residuos municipales a lo largo de todas sus fases.

2. METODOLOGÍA

La metodología propuesta, fruto de la combinación de las técnicas Proceso Analítico Jerárquico (AHP) y Optimización Multicriterio y Solución de Compromiso (VIKOR), se desarrolla conforme a los siguientes pasos:

- (1) Definición del problema de toma de decisiones, de acuerdo al entorno, situación y condicionantes que rodean al mismo;
- (2) Descripción del conjunto de criterios que influyen en el proceso de toma de decisiones;
- (3) Determinación de la importancia relativa entre tales criterios mediante el método AHP;
- (4) Establecimiento de un conjunto de alternativas que supongan una solución factible al problema;
- (5) Estructuración del problema en forma de matriz de decisión; y
- (6) Valoración de las alternativas de acuerdo a los criterios utilizando el método VIKOR.

A continuación se describen separadamente cada uno de estos cinco puntos.

2.1 Definición del problema de toma de decisiones

La generación de residuos municipales da lugar a sustancias de índole muy variada, para las que se propone una categorización en los siguientes grupos: materia orgánica (MO), papel y cartón (P/C), envases plásticos (EP), envases metálicos (EM), vidrio (VI) y otros residuos (OR). Las cantidades de residuos correspondientes a estas seis fracciones son colocadas por los habitantes en los puntos de depósito más próximos a su hogar o comercio, para que pueda realizarse su posterior recogida. Esta operación puede llevarse a cabo por dos vías: recogida en mezcla y recogida selectiva. En la primera se asume que los residuos se depositan en el punto de recogida sin ningún tipo de clasificación previa, mientras que la segunda tiene lugar cuando ciertas fracciones del residuo (MO, P/C, EP, EM y VI) se recogen de forma separada. Finalmente, una vez transportados los residuos a los centros correspondientes, se contemplan cuatro posibilidades para el tratamiento final de la parte mezclada: compostaje (C), incineración (I), reciclaje (R) y vertido (V); mientras que en el caso de los residuos recolectados de forma selectiva, se asume que su destino será siempre el compostaje (en el caso de MO) o el reciclaje (en el caso de P/C, EP, EM y VI).

Considerando la composición de los residuos como un dato dependiente del lugar de estudio, el proceso de toma de decisiones afecta a la recogida de los mismos (qué porcentaje de cada tipo se recoge de forma selectiva) y al posterior tratamiento de la parte mezclada, debiendo seleccionarse las cantidades destinadas a cada uno de los cuatro tipos de tratamiento mencionados con anterioridad.

2.2. Descripción del conjunto de criterios

La correcta ejecución de esta fase es un aspecto crucial dentro de cualquier metodología multicriterio. Una pobre selección de criterios conducirá con toda seguridad a un mal reflejo de la perspectiva real que se tiene sobre el problema. Para evitar incurrir en tal error, la elección de criterios fue sometida a discusión, con el apoyo de diversas referencias bibliográficas [6]-[11]. Como resultado, el problema se ha estructurado como se muestra en la tabla 1.



Tabla 1. Conjunto de criterios y subcriterios

C #	CRITERIO	SC #	SUBCRITERIO	UNIDADES
C 1	ECONÓMICO	SC 1.1	Coste de recogida	€/ton
		SC 1.2	Coste de transporte	€/ton
		SC 1.3	Coste de tratamiento	€/ton
		SC 1.4	Recuperación en tratamiento	€/ton
C 2	AMBIENTAL	SC 2.1	Emisiones durante transporte	kg CO2 eq./ton
		SC 2.2	Emisiones durante tratamiento	kg CO2 eq./ton
		SC 2.3	Contaminación de aguas	kg/m*año
C 3	SOCIAL	SC 3.1	Generación de empleo	trabajos/1000 ton
		SC 3.2	Cumplimiento de objetivos	Puntuación
		SC 3.3	Grado de aceptación social	Puntuación

En lugar de una organización tradicional en único nivel, se ha optado por una estructura jerárquica en forma de árbol, cuyas raíces están formadas por tres criterios principales que se ramifican en diez subcriterios de mayor especificidad. El objetivo de esta jerarquización es obtener, además de resultados globales, los impactos parciales que producen distintos planes de gestión de residuos en cada uno de los tres pilares del desarrollo sostenible.

El criterio económico está formado por cuatro subcriterios, cuyo procesamiento se ha estandarizado para obtener una única unidad de medida (€/ton). El coste de recogida de los residuos (SC 1.1) comprende todas las operaciones necesarias para la recolección de los mismos, más el coste de procesamiento en estación de transferencia, en caso de ser necesario. Por su parte, el coste de transporte (SC 1.2) se compone de los correspondientes al traslado de residuos en todas las etapas de que consta su gestión: del punto de recogida a estaciones de transferencia (cuando proceda) y de estaciones de transferencia a centro de tratamiento de residuos, en el caso de la fracción recogida mezcla; del punto de recogida a centros de reciclaje y recuperación y de centros de reciclaje y recuperación a centro de tratamiento de residuos (si hubiese impurezas), para la fracción recogida selectivamente. Finalmente, los dos últimos subcriterios económicos se refieren al tratamiento al que se somete a los residuos, incluyendo tanto los costes de los mismos (SC 1.3) como su posible valorización económica posterior (SC 1.4).

En cuanto al criterio medioambiental, los dos primeros subcriterios hacen referencia al flujo total de emisiones atmosféricas producidas por la solución bajo análisis, fruto de integrar las emisiones de CO₂ (fósil y de ciclo corto), C secuestrado, CH₄ y N₂O, tanto en transporte (SC 2.1) como en tratamiento (SC 2.2). Este flujo refleja el balance de emisiones en el transporte y tratamiento de los residuos hasta su estado final (p.e. “producción” de papel reciclado) respecto a las emisiones correspondientes a generar esa condición de forma convencional (p.e. fabricación de papel). De esta forma, es posible que el flujo total de emisiones pueda ser negativo, ya que una correcta gestión de residuos a menudo supone un ahorro respecto al ciclo natural de contaminación atmosférica. Por otra parte, la contaminación de aguas superficiales (SC 2.3) sólo tiene lugar para la fracción de residuo destinada a vertedero, cuya disposición final puede generar lixiviados potencialmente contaminantes.

Por último, el criterio social se compone de tres aspectos muy diferenciados. El primero (SC 3.1) mide el ratio de generación de empleo que produce cada una de las alternativas sometidas a estudio. Por otra parte, dentro del marco de planificación existente en materia de gestión de residuos, tanto a nivel municipal como nacional, se citan una serie de objetivos a satisfacer, cuyo cumplimiento se evalúa mediante el segundo subcriterio social (SC 3.2). Además, se considera también el grado de aceptación social generado por la gestión de residuos subyacente a cada alternativa.



2.3. Determinación de la importancia de los criterios

Como ya se ha apuntado, el problema se ha organizado de forma jerárquica para poder confrontar directamente la importancia de los tres principales factores a tener en cuenta para alcanzar una gestión sostenible de los residuos municipales (económico, ambiental y social). Esta disposición da lugar a dos niveles de decisión, criterios y subcriterios, siendo estos últimos los que se someten a evaluación directa, mientras que los criterios simplemente arrastran y sintetizan los valores de sus respectivos niveles previos. Sin embargo, de cara a establecer la importancia relativa de cada uno de los subcriterios, se procede integrando los pesos del nivel superior de la siguiente forma (1):

$$w'_{SC_i} = w_{SC_i} * w_{C_k} \quad (1)$$

Donde w'_{SC_i} es el peso jerarquizado de cada subcriterio, w_{SC_i} el peso de cada subcriterio dentro del criterio al que pertenece y w_{C_k} el peso dicho criterio respecto al resto. Los dos últimos términos se obtienen por comparación directa aplicando el método AHP.

2.3.1. Proceso Analítico Jerárquico (AHP)

El Proceso Analítico Jerárquico, creado por Saaty [12], es uno de los métodos más ampliamente empleados para tratar problemas de toma de decisiones en diversos ámbitos [13]-[17]. Esta técnica se utiliza frecuentemente de forma parcial, como un sistema para establecer la importancia relativa entre el conjunto de criterios que componen un problema de toma de decisiones[18], de forma que deben efectuarse varias comparaciones por pares entre sus elementos constitutivos para así obtener su jerarquía interna. Para cuantificar este propósito, Saaty propuso una escala de comparación cuyos valores se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Escala de comparación de Saaty

Término lingüístico (i respecto a j)	Valor numérico	
	a_{ij}	a_{ji}
Absolutamente menos importante	1/9	9
Mucho menos importante	1/7	7
Menos importante	1/5	5
Ligeramente menos importante	1/3	3
Igualmente importante	1	1
Ligeramente más	3	1/3
Más importante	5	1/5
Mucho más importante	7	1/7
Absolutamente más importante	9	1/9

Fuente:[12]

Si un elemento i presenta cierto valor respecto a otro elemento j , entonces j tiene el valor recíproco cuando se compara con i . Dicho de otra forma, la aplicación de la escala de Saaty conduce a la obtención de una matriz de comparación $[C]$ cuyos elementos verifican la expresión $c_{ij} * c_{ji} = 1$. De esta manera, el triángulo posterior derecho de la matriz está formado por una serie de elementos que son recíprocos a los pertenecientes al triángulo izquierdo inferior [19]. La



consistencia de las comparaciones efectuadas se mide calculado el autovalor máximo de la matriz ($\lambda_{\text{máx}}$), cuyo correspondiente autovector determina las prioridades relativas entre los criterios sometidos a análisis.

La matriz de comparación es totalmente consistente cuando $\lambda_{\text{máx}}$ es igual a n , de modo que la inconsistencia aumenta a media que el autovector crece. Con el objetivo de valorar este aspecto, Saaty desarrolló el concepto de relación de consistencia (C.R.), que, a su vez, consiste en dos términos previos: índice de consistencia (C.I.) e índice de consistencia aleatoria (R.I.). El primero se expresa como sigue (2):

$$\text{C. I.} = \frac{\lambda_{\text{máx}} - n}{n - 1} \quad (2)$$

Por su parte, el índice de consistencia aleatoria es la medida de todos los índices de consistencia de una comparación por pares generada de forma aleatoria. Así, este índice únicamente depende del tamaño de la matriz (n), tomando los siguientes valores:

Tabla 3. Índice de consistencia aleatoria (R.I.)

Tamaño de la matriz (n)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R.I.	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.25	1.49

Finalmente, la relación de consistencia se define como el ratio entre ambos índices. Una matriz puede considerarse consistente cuando el valor de este ratio es inferior a 0.1 (3). Este límite indica que la inconsistencia no debe exceder un 10% de la inconsistencia media del conjunto completo de matrices de comparación:

$$\text{C. R.} = \frac{\text{C.I.}}{\text{R.I.}} < 0.1 \quad (3)$$

La obtención del vector de pesos a partir de una matriz de comparación consistente $[C] = \langle C_1, C_2, \dots, C_m \rangle$ se realiza mediante una ponderación normalizada de los elementos de la matriz (4) y (5).

$$c_i^* = \left(\prod_{j=1}^m a_{ij}^* \right)^{1/m} \quad (4)$$

$$w_i = \frac{c_i^*}{\sum_{i=1}^m c_i^*} \quad (5)$$

2.4 Establecimiento de las alternativas

Como se avanzó en la sección 2.1, las alternativas a este problema se definen en función del tipo de recogida y tratamiento que se aplique a las distintas fracciones de residuo generado. La figura 1 representa el conjunto de parámetros que deben delimitarse para construir una alternativa.

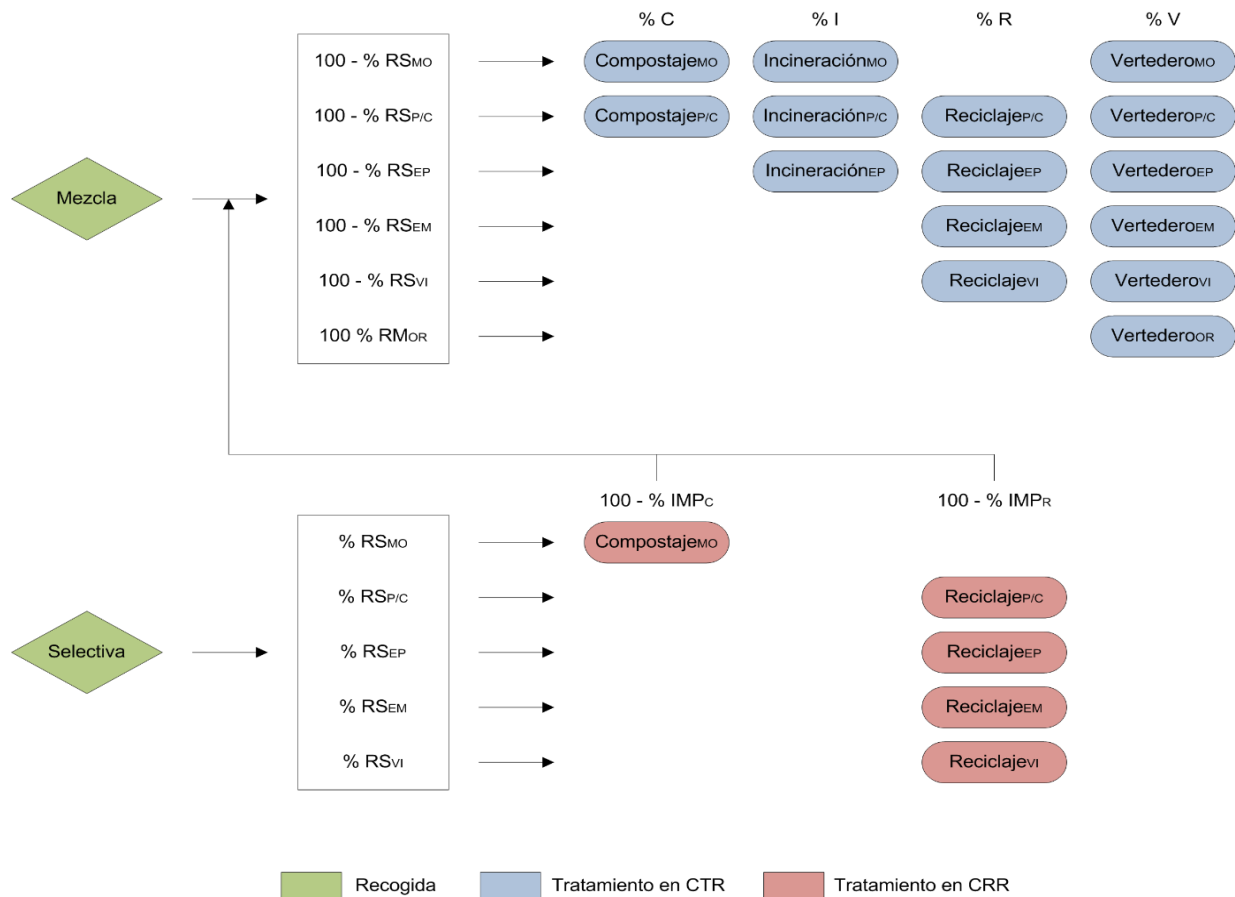


Figura 1. Esquema de definición de alternativas

Las primeras variables a determinar son las correspondientes al porcentaje de residuos que se recoge selectivamente (% RS). En función de estas cifras, se obtienen por resta los porcentajes de los mismos recogidos de forma mezclada ($100 - \% RS$), a excepción de la categoría “Otros residuos”, cuya totalidad se considera recolectada en mezcla. Los residuos recogidos de forma selectiva se transportan al Centro de Recuperación y Reciclaje (CRR) más cercano, sometiendo el 100 % de los mismos a tratamientos de recuperación (compostaje o reciclaje, según el caso). No obstante, las cantidades recolectadas pueden incluir pequeñas impurezas de otros tipos de residuos (IMP en la figura 1), cuya presencia se deduce del porcentaje a recuperar. Así, estas impurezas se trasladan al Centro de Tratamiento de Residuos (CTR) y se reparten proporcionalmente en las distintas fracciones de residuos recogidos en mezcla, para posteriormente someter al conjunto total a cualquiera de los tratamientos que sean apropiados para las características de cada tipo de sustancia.

2.5 Estructuración del problema en forma de matriz de decisión

De cara al siguiente paso de la metodología, resulta conveniente organizar el problema de toma de decisiones en forma de matriz, a fin de facilitar la aplicación posterior del método VIKOR para la valoración del conjunto de alternativas respecto a los criterios. En virtud de lo precisado en el apartado 2.3, sea $SC = \{SC_1, SC_2, \dots, SC_{10}\}$ el grupo de subcriterios que



define el problema de toma de decisiones (Tabla 1) y $A_j = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ un conjunto de posibles alternativas para su resolución, se puede definir una matriz de decisión D como sigue:

$$D = \begin{array}{c|cccc} & SC_1 & SC_2 & \cdots & SC_{10} \\ \hline A_1 & x_{1,1} & x_{1,2} & \cdots & x_{1,10} \\ A_2 & x_{2,1} & x_{2,2} & \cdots & x_{2,10} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_m & x_{m,1} & x_{m,2} & \cdots & x_{m,10} \end{array} \quad (6)$$

Donde x_{ij} denota la valoración de la j -ésima alternativa respecto a cada uno de los subcriterios

2.6 Valoración de las alternativas

Una vez construida la matriz de decisión, los elementos del problema de toma de decisiones se encuentran dispuestos en la forma adecuada para aplicar el método VIKOR, cuyo cometido es valorar el desempeño logrado por las alternativas respecto a los subcriterios bajo los que se miden.

2.6.1 Optimización Multicriterio y Solución de Compromiso (VIKOR)

El método VIKOR fue originalmente desarrollado por Opricovic and Tzeng [20]-[21] para la optimización multicriterio de sistemas complejos discretos con criterios conflictivos e incommensurables [22]. Este método se centra en categorizar una serie de alternativas destinadas a dar solución a un problema de toma de decisiones en un escenario en el que existen criterios en conflicto, mediante la introducción de un índice de clasificación multicriterio basado en la media de la “cercanía” a la solución ideal a dicho problema [20].

Considerando que cada alternativa se evalúa de acuerdo a un conjunto de criterios, puede establecerse un ranking de compromiso con todas ellas en función de la cercanía de las mismas a la solución que satisface dichos criterios de forma “ideal”. Por consiguiente, el problema genérico de toma de decisiones se formula como sigue: determinar la solución de compromiso desde un punto de vista de múltiples criterios para un conjunto de J alternativas $A_j = \{j = 1, 2, \dots, J\}$ evaluadas de acuerdo a un conjunto de I criterios $C_i = \{i = 1, 2, \dots, I\}$. Los datos de entrada son los elementos f_{ij} que forman la matriz de decisión, donde f_{ij} es el valor de la j -ésima alternativa respecto al criterio C_i .

La arquitectura del método VIKOR se desarrolla de forma algorítmica de acuerdo a los siguientes pasos [23].

- (1) Determinación de los valores f_i^* y f_i^- de todos los criterios ($i = 1, 2, \dots, I$). Si I_1 hace referencia a criterios de beneficio e I_2 a criterios de coste:

$$f_i^* = [(\max_j f_{ij} | i \in I_1), (\min_j f_{ij} | i \in I_2)] \quad (1)$$

$$f_i^- = [(\min_j f_{ij} | i \in I_1), (\max_j f_{ij} | i \in I_2)] \quad (2)$$



(2) Cálculo de los valores S_j y R_j ($j = 1, 2, \dots, J$) según las siguientes expresiones:

$$S_j = \sum_i^n \frac{w_{C_i} (f_i^* - f_i)}{(f_i^* - f_i^-)} \quad (3)$$

$$R_j = \max_i \left[\frac{w_{C_i} (f_i^* - f_i)}{(f_i^* - f_i^-)} \right] \quad (4)$$

Donde w_{C_i} son los pesos de los criterios expresando su importancia relativa, obtenidos mediante la aplicación del método AHP.

(3) Determinar del valor Q_j ($j = 1, 2, \dots, J$) de acuerdo a la ecuación:

$$Q_j = v \frac{S_j - S^*}{S^- - S^*} + (1 - v) \frac{R_j - R^*}{R^- - R^*} \quad \forall j \quad (5)$$

Dónde:

$$\begin{aligned} S^* &= \min_j S_j & S^- &= \max_j S_j \\ R^* &= \min_j R_j & R^- &= \max_j R_j \end{aligned}$$

y v se define como el peso de la estrategia de "la mayoría de los criterios" (o "la máxima utilidad colectiva"). En este caso, se tomará $v = 0.5$ [24]

(4) Establecer como solución de compromiso aquella alternativa A' que presenta un valor mínimo de Q .

3. CASO DE ESTUDIO

Con el propósito de demostrar la valía de la metodología expuesta en la sección 2, se estudió su aplicación en un caso práctico correspondiente a la región española de Cantabria. Para ello, se ha adoptado el año 2011 como escenario de referencia en el planteamiento del problema, debido a que es la fecha más reciente de la que se disponen datos suficientemente fiables y completos. La comunidad autónoma de Cantabria está formada por un total de 10 comarcas, cuyas ciudades más pobladas han sido tomadas como nodos para desarrollar el modelo de transporte del problema. De esta forma, las distancias de transporte se miden desde estos puntos a cada uno de los emplazamientos donde, de un modo u otro, se gestionan residuos en la región: ocho estaciones de transferencia (ETT), dos centros de recuperación y reciclaje (CRR) y el centro de tratamiento de residuos de Meruelo (CTR). Partiendo del dato total de generación de residuos en Cantabria, se ha asumido la hipótesis de que esta cantidad se distribuye proporcionalmente de acuerdo al número de habitantes que reside en cada comarca. Los residuos recogidos en cada comarca pueden tomar dos destinos diferentes: envío a ETT y posterior transporte a CRR o CTR, siempre que exista una ETT en situación más cercana al destino de tratamiento final, o envío directo a CRR o CTR. La figura 1, muestra la disposición geográfica de las comarcas y la ubicación de los puntos de gestión de residuos existentes en la región.

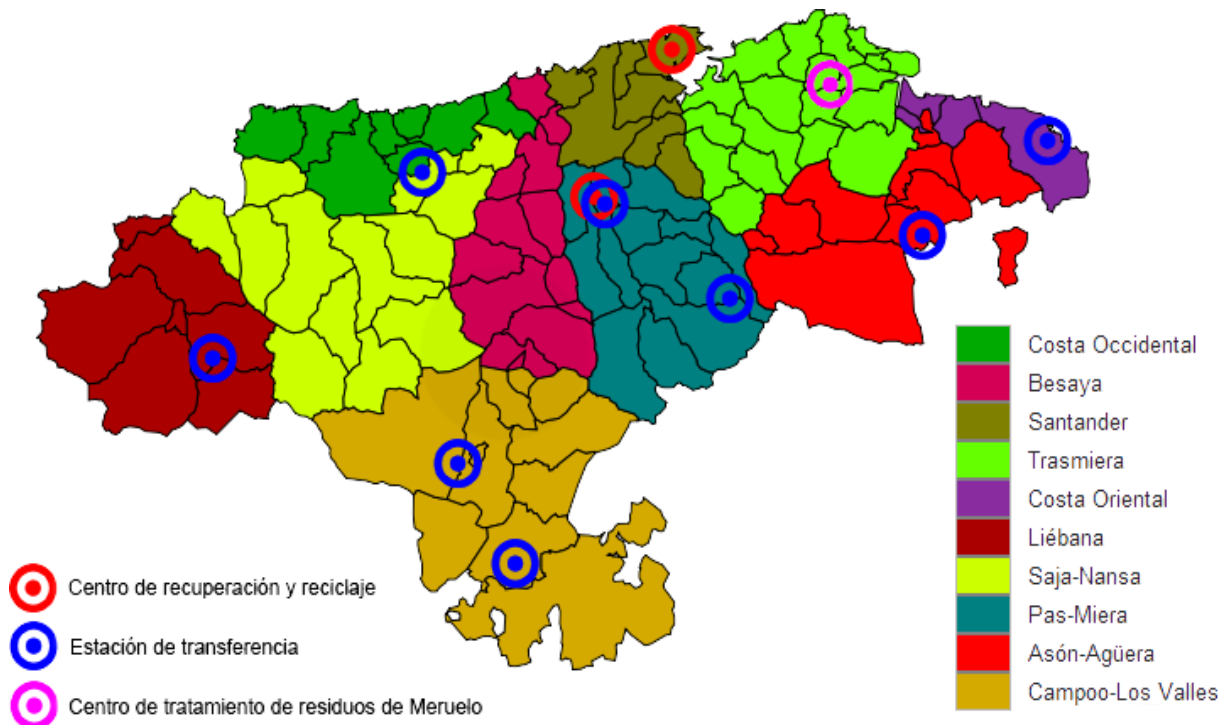


Figura 2. Localización de los puntos de gestión de residuos sólidos municipales en Cantabria.

3.1 Definición de alternativas

La caracterización del escenario de referencia se realizó a partir de la información disponible en MARE (Medio ambiente, Agua, Residuos y Energía de Cantabria) y PFR (Punto Focal de Residuos de Cantabria)[25]-[26], obteniendo todos los datos necesarios para rellenar cada uno de los parámetros que aparecen en la

Figura 1. Por otro lado, se definieron otras siete alternativas a la situación de referencia, introduciendo distintas variaciones respecto a esta. A continuación, se describe el escenario en que se fundamenta cada una de ellas, mostrándose seguidamente sus parámetros principales en la tabla 4 (para mayor detalle, consultar el Anexo 1).

- A1 (Referencia) → Escenario real de gestión de residuos en Cantabria en el año 2011.
- A2 (Todo vertedero) → Todos los residuos se recogen mezclados y se destinan a vertedero.
- A3 (Selectiva máxima) → Se aumenta la recogida selectiva de todos los tipos de residuo en igual proporción hasta cumplir los objetivos establecidos en el Plan Sectorial de Residuos Municipales de Cantabria, manteniendo los parámetros de tratamiento de A1.
- A4 (Referencia + MO) → Se añade la recogida selectiva de materia orgánica en la misma proporción que la fracción de papel y cartón (se asume la misma situación por ser ambos residuos biodegradables), manteniendo los parámetros de tratamiento de A1.



- A5 (Todo en mezcla) → Se eliminan todos los parámetros de recogida selectiva, manteniendo los parámetros de tratamiento de A1.
- A6 (Sólo selectiva en vidrio) → Se eliminan los parámetros de recogida selectiva para papel y cartón, envases plásticos y envases metálicos, manteniendo los parámetros de tratamiento de A1.
- A7 (Referencia objetivos tratamiento) → Se aumentan los parámetros de tratamiento de A1 hasta cumplir los objetivos establecidos en el Plan Sectorial de Residuos Municipales de Cantabria, manteniendo los parámetros de recogida de A1.
- A8 (Referencia objetivos recogida) → Se aumentan los parámetros de recogida selectiva de A1 hasta cumplir los objetivos establecidos en el Plan Sectorial de Residuos Municipales de Cantabria, manteniendo los parámetros de tratamiento de A1.

Tabla 4. Resumen de los escenarios de gestión contemplados (en tanto por uno)

A#	Escenario	Recogida			Tratamiento		
		Mezcla	Selectiva	Compostaje	Incineración	Reciclaje	Vertedero
A1	Referencia	0,920	0,080	0,180	0,360	0,140	0,320
A2	Todo a vertedero	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000
A3	Selectiva máxima	0,556	0,444	0,261	0,165	0,272	0,301
A4	Referencia + MO	0,867	0,133	0,200	0,338	0,141	0,321
A5	Todo en mezcla	1,000	0,000	0,177	0,396	0,086	0,341
A6	Sólo selectiva en vidrio	0,970	0,030	0,177	0,396	0,104	0,323
A7	Referencia objetivos tratamiento	0,920	0,080	0,176	0,280	0,223	0,321
A8	Referencia objetivos recogida	0,816	0,184	0,173	0,286	0,221	0,320

3.2 Valoración de criterios

Para la ponderación de criterios y subcriterios se recogieron las opiniones de un grupo de expertos en gestión de residuos municipales, cuya procedencia varía entre sector público y privado, a fin de obtener una visión general que integre las perspectivas de los dos frentes principales en que se estudia esta problemática. Partiendo de los términos lingüísticos de la escala de comparación por pares de Saaty [12], se les pidió rellenar un cuestionario basado en preguntas sencillas del tipo “¿Cuán importante es el elemento i en comparación al elemento j?”. De igual modo, se incluyeron cuestiones similares para establecer el grado de aceptación social de cada alternativa y así poder construir el subcriterio SC 3.3. Los resultados así obtenidos, incluyendo la media ponderada de las valoraciones de los cuatro expertos y las relaciones de consistencia de cada comparación por pares, se muestran en la Tabla 5.



Tabla 5. Síntesis de las respuestas enviadas por los expertos

Comparación por pares	Número de experto								Promedio	C.R.p
	1	C.R. ₁	2	C.R. ₂	3	C.R. ₃	4	C.R. ₄		
C 1 vs C 2	3		3		1		1/5		1,158	
C 1 vs C 3	7	0,056	3	0,000	5	0,000	1	0,025	3,201	0,000
C 2 vs C 3	5		1		5		3		2,943	
SC 2.1 vs SC 2.2	1		1		1		1		1	
SC 2.1 vs SC 2.3	1	0,000	5	0,000	1	0,000	1	0,000	1,495	0,000
SC 2.2 vs SC 2.3	1		5		1		1		1,495	
SC 3.1 vs SC 3.2	1/5		1/5		1/3		1/5		0,227	
SC 3.1 vs SC 3.3	1/3	0,025	1/3	0,033	3	0,033	1/5	0,000	0,508	0,002
SC 3.2 vs SC 3.3	1		3		5		1		1,968	
Mezcla vs Selectiva	1	0,000	0,2	0,000	0,2	0,000	0,2	0,000	0,299	0,000
Compostaje vs Incineración	5		5		5		5		5,000	
Compostaje vs Reciclaje	1/5		1/5		1		1		0,447	
Compostaje vs Vertedero	1	0,049	5	0,077	9	0,065	7	0,074	4,213	0,022
Incineración vs Reciclaje	1/9		1/7		1/5		1/5		0,159	
Incineración vs Vertedero	1/5		1		5		5		1,495	
Reciclaje vs Vertedero	5		7		7		7		6,435	

Con esta información se construyen las matrices de decisión, tanto a nivel global como parcial para cada uno de los tres criterios principales considerados. La tabla 6 muestra la matriz de decisión global a partir de las alternativas consideradas, dando lugar su división a las respectivas matrices parciales para los criterios económico, ambiental y social [6]-[11]. Nótese que aquellos subcriterios que comparten una misma unidad de medida se han agrupado en uno solo.

Tabla 6. Matriz de decisión global

A#	SC 1.1-1-4	SC 2.1-2.2	SC 2.3	SC 3.1	SC 3.2	SC 3.3
A1	-188,735	-203,052	2,062	0,615	0,667	0,541
A2	-181,798	362,034	6,400	0,100	0,000	0,366
A3	-217,152	-236,183	1,929	0,975	1,000	0,833
A4	-192,348	-201,301	2,054	0,616	0,667	0,573
A5	-181,422	-158,245	2,182	0,464	0,333	0,464
A6	-184,511	-198,608	2,068	0,516	0,500	0,491
A7	-181,658	-197,274	2,056	0,837	1,000	0,598
A8	-196,705	-205,185	2,046	0,832	1,000	0,647

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de los datos que se muestran en la columna “Promedio” de la tabla 5, pueden obtenerse los pesos de los criterios y subcriterios aplicando las ecuaciones (4) y (5) (Tabla 7).

Tabla 7. Pesos de los criterios y subcriterios

C 1				C 2			C 3		
0,457				0,403			0,140		
SC 1.1	SC 1.2	SC 1.3	SC 1.4	SC 2.1	SC 2.2	SC 2.3	SC 3.1	SC 3.2	SC 3.3
0,250	0,250	0,250	0,250	0,375	0,375	0,250	0,138	0,580	0,282

Cuantificados los pesos y construidas las matrices de decisión, puede procederse a la aplicación del método VIKOR. Siguiendo los pasos descritos en el apartado 0, se obtienen los resultados representados en las figura 3a y 3b.

Global

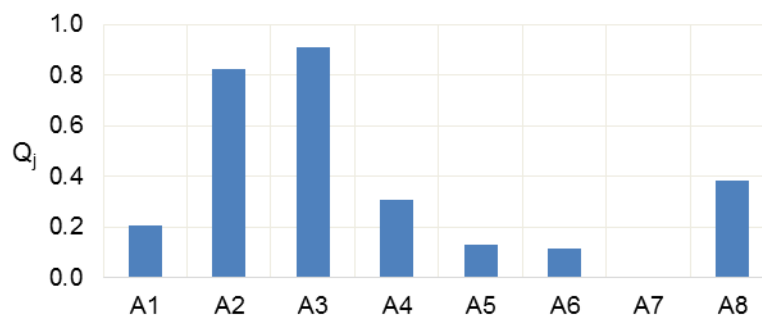


Figura 3a. Valores globales de Q_j de las ocho alternativas

Parciales

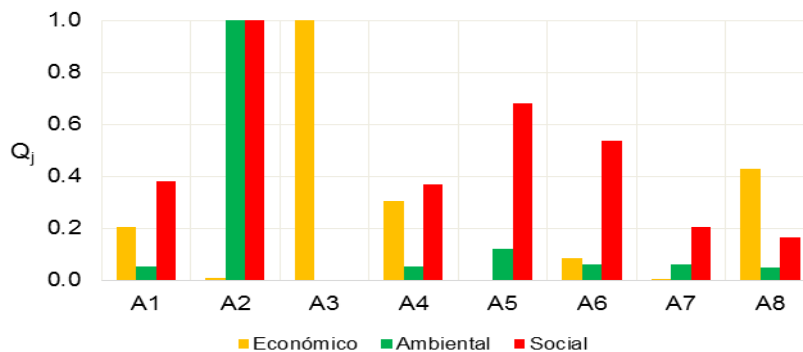


Figura 3b. Valores parciales de Q_j de las ocho alternativas

Recordando que una alternativa es mejor cuanto menor sea su Q_j , es destacable la fuerte penalización que recibe la alternativa A3 por sus elevadas exigencias económicas, hasta el punto de quedar situada como una de las peores opciones en término global aun presentado los mejores valores parciales en los criterios ambiental y social. Esta circunstancia no hace sino incidir en el peso del coste de transporte en el proceso de gestión de residuos municipales, penalizando el incremento implícito en este sentido por una recogida selectiva importante. Antagónicamente, la alternativa A2 queda situada en penúltimo lugar por el pésimo rendimiento ambiental y social que supone una solución en que el total de residuos se destina a vertedero. Como era de esperar, siendo la fracción de vidrio pequeña respecto al total de la composición de residuos recolectados, las alternativas A5 y A6 presentan valores de Q_j muy parejos, quedando



compensado el ahorro económico de la primera con el menor impacto ambiental y social de la segunda. En todo caso, ambas soluciones superan en clasificación al escenario de referencia (A1), que queda situado exactamente en la posición intermedia de entre las ocho alternativas consideradas. Sin embargo, el aumento de precio que conlleva la inclusión de recogida selectiva de materia orgánica sí que marca una diferencia considerable en el conjunto, relegando a A4 al quinto puesto preferencial. Finalmente, la mejor alternativa de entre las propuestas es aquella en la que, partiendo del escenario de referencia, se modifica la gestión de la parte mezclada hasta alcanzar los objetivos establecidos en el Plan Sectorial de Residuos Municipales de Cantabria (A7). Estas modificaciones no influyen en los costes de recogida y transporte, que son los subcriterios económicos más diferenciales y, sin embargo, producen mejoras relevantes en el aspecto social. Por contra, si la satisfacción de objetivos se persigue alterando el tipo de recogida (A8), los resultados alcanzados son notablemente peores, por la ya referida importancia de los dos primeros subcriterios económicos. De acuerdo a las cifras recogidas en la Table 6, un escenario de gestión como el de A7 hubiese supuesto un ahorro de 7 €/ton, una disminución de 6 kg/CO₂ eq./ton y una creación de 1 puesto de trabajo/5000 ton con respecto a A1, entre otras cosas.

5. CONCLUSIONES

Este trabajo propone un modelo multicriterio basado en la acción combinada de los métodos AHP y VIKOR para optimizar el proceso de gestión de residuos municipales. El comportamiento sinérgico de ambas técnicas está llamado a proporcionar una calidad añadida a la hora de afrontar un problema de toma de decisiones como el de la planificación de la gestión de los residuos municipales, que implica el análisis de distintos criterios en conflicto derivados de los tres pilares del desarrollo sostenible.

Los inputs necesarios para la implementación de la metodología planteada son (1) un conjunto de criterios representativos que caracterizan los impactos económicos, ambientales y sociales que tienen lugar en las diferentes fases en que se gestiona un residuo municipal, (2) una matriz de decisión que structure el conocimiento recopilado durante el paso anterior y (3) las comparaciones por pares emitidas por un grupo de expertos en la materia. El output es un ranking de preferencia del conjunto de alternativas propuesto, tanto a nivel global como particular según sus rendimientos económico, ambiental y social.

Los resultados muestran la utilidad y clarividencia que proporciona la aplicación de esta metodología, permitiendo mostrar claramente cómo alcanzar ahorros económicos importantes o atenuar diversos impactos ambientales y sociales introduciendo modificaciones en la gestión de residuos municipales. En el caso estudiado, la gran relevancia del coste de transporte desaconseja incrementar de manera importante la cantidad de residuos recogidos de forma selectiva, siendo las variaciones en el tratamiento de la parte mezclada las que producen mejores resultados en conjunto, especialmente aquellas que favorecen el reciclaje en detrimento de la incineración.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar su más sincero agradecimiento al grupo de expertos que contribuyó a enriquecer la calidad de este trabajo: María Fantelli (Jefe de Área de Recogida y Transporte de MARE), Marcel Szanto (Catedrático en la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile), José Luis Gil (Profesor de Tecnologías del Medio Ambiente en la Universidad de Cantabria) Ignacio de las Cuevas (Director Técnico de MARE).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] S.H. Ghodsypour, C. O'Brien, A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming, *International Journal of Production Economics*. 56-57 (1998) pp.199-212.



- [2] T. Kaya, C. Kahraman, Multicriteria renewable energy planning using an integrated fuzzy VIKOR & AHP methodology: The case of Istanbul, *Energy*. 35 (2010) pp.2517-2527.
- [3] G. Tzeng, C.-. Lin, S. Opricovic, Multi-criteria analysis of alternative-fuel buses for public transportation, *Energy Policy*. 33 (2005) pp.1373-1383.
- [4] O.S. Vaidya, S. Kumar, Analytic hierarchy process: An overview of applications, *European Journal of Operational Research*. 169 (2006) pp.1-29.
- [5] H. Wu, G. Tzeng, Y. Chen, A fuzzy MCDM approach for evaluating banking performance based on Balanced Scorecard, *Expert Systems with Applications*. 36 (2009) pp.10135-10147.
- [6] D. Hogg, Costs for Municipal Waste Management in the EU: Annexes, Directorate General Environment, European Commission. pp.1-344.
- [7] D. Hogg, Costs for Municipal Waste Management in the EU: Full Report, Directorate General Environment, European Commission. pp.1-79.
- [8] A. Smith, K. Brown, S. Ogilvie, K. Rushton, J. Bates, Waste Management Options and Climate Change: Final Report, European Commission, DG Environment. ED21158R4.1 (2011) pp. 1-224.
- [9] Friends of the Earth, More jobs, less waste. Potential for job creation through higher rates of recycling in the UK and EU, (2010) pp.1-53.
- [10] Consejería de Medio Ambiente, Plan sectorial de residuos municipales de Cantabria, Gobierno de Cantabria. (2007) pp. 1-49.
- [11] BOE, Acuerdo de Consejo de Ministros por el que se aprueba el Plan Nacional Integrado de Residuos para el período 2008-2015, *Boletín Oficial del Estado*. 49 (2009) pp. 5-124.
- [12] T.L. Saaty, The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resources allocation, M cGraw-Hill. (1980).
- [13] K.M.A.-. Al-Harbi, Application of the AHP in project management, *International Journal of Project Management*. 19 (2000) pp. 19-27.
- [14] M.C.Y. Tam, V.M.R. Tummala, An application of the AHP in vendor selection of a telecommunications system, *Omega*. 29 (2001) pp. 171-182.
- [15] C. Kahraman, U. Cebeci, D. Ruan, Multi-attribute comparison of catering service companies using fuzzy AHP: The case of Turkey, *International Journal of Production Economics*. 87 (2004) 171-184.
- [16] C.-. Wei, C. Chien, M.-J. Wang, An AHP-based approach to ERP system selection, *International Journal of Production Economics*. 96 (2005) pp.47-62.
- [17] F.T.S. Chan, N. Kumar, Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP-based approach, *Omega*. 35 (2007) pp. 417-431.
- [18] T.L. Saaty, How to make a decision: the analytic hierarchy process, *European Journal of Operational Research*. 48 (1990) pp. 9-26.
- [19] M. Skibniewski, L. Chao, Evaluation of advanced construction technology with AHP method, *Journal of Construction Engineering and Management*. 118 (1992) pp. 577-593.
- [20] S. Opricovic, Multicriteria Optimization in Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, 1998.
- [21] S. Opricovic, G.. Tzeng, Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS, *European Journal of Operational Research*. 156 (2004) pp. 445-455.
- [22] S. Opricovic, G.. Tzeng, Extended VIKOR method in comparison with outranking methods, *European Journal of Operational Research*. 178 (2007) pp. 514-529.
- [23] Y. Ou Yang, H.. Shieh, J.-. Leu, G.-. Tzeng, A VIKOR-based multiple criteria decision method for improving information security risk, *International Journal of Information Technology and Decision Making*. 8 (2009) 267-287.
- [24] H. Liu, L. Mao, Z.. Zhang, P. Li, Induced aggregation operators in the VIKOR method and its application in material selection, *Applied Mathematical Modelling*. 37 (2013) pp. 6325-6338.
- [25] MARE, Medio ambiente, Agua, Residuos y Energía de Cantabria, <http://www.mare.es/>. (2014).
- [26] PFR, Punto Focal de Residuos de Cantabria, <http://pfr.medioambientecantabria.es/>. (2014).



Anexo 1. Descripción detallada de los escenarios de gestión contemplados (en tanto por uno)

A#	Recogida												Tratamiento																	
	Recogida selectiva					Total		Impurezas					MO			P/C				EP			EM		VI		Total			
	MO	P/C	EP	EM	VI	M	S	MO	P/C	EP	EM	VI	C	I	V	C	I	R	V	I	R	V	R	V	R	V	C	I	R	V
A1	0,00	0,16	0,12	0,12	0,43	0,92	0,08	-	0,05	0,30	0,30	0,00	0,50	0,45	0,05	0,05	0,75	0,15	0,05	0,75	0,20	0,05	0,40	0,60	0,40	0,60	0,18	0,36	0,14	0,32
A2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	-	-	-	-	-	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00
A3	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,56	0,44	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00	0,50	0,45	0,05	0,05	0,75	0,15	0,05	0,75	0,20	0,05	0,40	0,60	0,40	0,60	0,26	0,17	0,27	0,30
A4	0,16	0,16	0,12	0,12	0,43	0,87	0,13	0,05	0,05	0,30	0,30	0,00	0,50	0,45	0,05	0,05	0,75	0,15	0,05	0,75	0,20	0,05	0,40	0,60	0,40	0,60	0,20	0,34	0,14	0,32
A5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	-	-	-	-	-	0,50	0,45	0,05	0,05	0,75	0,15	0,05	0,75	0,20	0,05	0,40	0,60	0,40	0,60	0,18	0,40	0,09	0,34
A6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	0,97	0,03	-	-	-	-	0,00	0,50	0,45	0,05	0,05	0,75	0,15	0,05	0,75	0,20	0,05	0,40	0,60	0,40	0,60	0,18	0,40	0,10	0,32
A7	0,00	0,16	0,12	0,12	0,43	0,92	0,08	-	0,05	0,30	0,30	0,00	0,50	0,45	0,05	0,05	0,35	0,55	0,05	0,75	0,20	0,05	0,50	0,50	0,40	0,60	0,18	0,28	0,22	0,32
A8	0,00	0,55	0,23	0,23	0,43	0,82	0,18	-	0,05	0,30	0,30	0,00	0,50	0,45	0,05	0,05	0,75	0,15	0,05	0,75	0,20	0,05	0,40	0,60	0,40	0,60	0,17	0,29	0,22	0,32

A = Alternativa

MO = Materia Orgánica; P/C = Papel/Cartón; EP = Envases Plásticos; EM = Envases Metálicos; VI = Vidrio

M = Recogida en Mezcla; S = Recogida Selectiva

C = Compostaje; I = Incineración; R = Reciclaje; V = Vertedero

[Indice](#)



Construcción de escenarios de mitigación de Gases de Efecto Invernadero provenientes de Residuos Sólidos Urbanos

¹Gabriela Muñoz Meléndez

¹ El Colegio de la Frontera Norte. 18.5 carretera escénica Tijuana-Ensenada, San Antonio del Mar, Tijuana, B.C. 22560; gmunoz@colef.mx; 01 (664) 631 6319

RESUMEN

Este estudio trata sobre la relación entre Residuos Sólidos Urbanos y Cambio Climático; mediante la construcción de escenarios de mitigación de emisiones a fin de identificar una mejor gestión de residuos. A modo de ejemplo se usó como caso de estudio al estado de Baja California; para lo cual se estimaron las emisiones estatales de gases de efecto invernadero generados por Residuos Sólidos Urbanos para el periodo 1990-2010 y se hicieron proyecciones al 2050, usando el método del Panel Intergubernamental de Cambio Climático. Los resultados mostraron un aumento de 0.604 Gg/año para el periodo 1990-2010; y un aumento continuo para los siguientes 35 años. Considerando esta tendencia creciente de emisiones como la base inercial, se construyeron cuatro escenarios regionales de mitigación mediante: 1) 30 % de disminución en la generación de Residuos Sólidos Urbanos, 2) la instalación de un bio-digestor con co-beneficio de generación de electricidad, 3) la adopción de una opción integral que considera medidas tecnológicas y cambios sociales en la generación de Residuos Sólidos Urbanos, y 4) la utilización de técnicas de compostaje. Los resultados revelaron que es posible planear medidas o incluso combinar estrategias, identificando como mejores los escenarios que incluyen aspectos sociales y opciones tecnológicas.

Palabras Clave: *Cambio Climático, Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, Gestión de Residuos Sólidos Urbanos, Baja California.*

1. INTRODUCCIÓN

Reportes de la asociación entre Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y Cambio Climático se limitan a casos en países desarrollados, cuyos cálculos se basan en extensas fuentes de datos. Existe poca o nula información sobre el manejo de desechos en países en vías de desarrollo, lo que dificulta la caracterización de dicha asociación [1].

En México, las estadísticas nacionales en la generación de RSU se basan en cálculos desarrollados por la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) siguiendo la norma NMX-AA-61-1985[2]. Usando estas estadísticas, en 2012 la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales reportó que la generación de RSU en el país aumentó 30 % en 10 años; de 86,268 toneladas por día (tpd) en 2001 a 112,500 tpd en 2011; aunque la generación de RSU varió por región, el mayor incremento de RSU en el país durante el periodo 1997-2011 se dio en la zona fronteriza –norte- donde el aumento fue de 207%. Por otro lado, la composición nacional de RSU en 2011 fue: 52.4 % de sustancias orgánicas, 35 % de material reciclable; y 12% de otro tipo de material. La recolección en el país de RSU alcanzó 90% en áreas metropolitanas, 80% en ciudades medianas, 26% en ciudades pequeñas y 13% en regiones rural y semi-urbanas. La forma de disposición final más usada en México fue el confinamiento de residuos [2].

Estadísticas como las antes descritas son usadas en la elaboración de los inventarios de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que siguen la metodología establecida por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC). Los resultados de los inventarios GEI se utilizan para delinear estrategias adecuadas a fin de reducir las emisiones GEIs provenientes de RSU. De acuerdo al último inventario nacional de emisiones GEI, hacia 2010 la categoría de “desechos” contribuyó con 5.9% (44,130.8 Gigagramos -1000 toneladas-) al total nacional; las emisiones GEI asociadas a



esta categoría incrementaron 167 % comparadas a los niveles en 1990. Dentro de dicha categoría la “Disposición de Desecho Sólidos” aportó 50.1% (22,117.7 Gg) [3].

Los inventarios a nivel nacional, sin embargo, son superados por el análisis a nivel estatal ya que éstos últimos permiten una caracterización más representativa y precisa de las emisiones GEI, lo que da paso a una mejor delineación de las acciones de gestión de RSU. Considerando esto, la hipótesis para este estudio fue que la caracterización regional de emisiones GEI proveniente de RSU puede proveer información valiosa para construir escenarios de mitigación regional a fin de identificar una mejor gestión de residuos y auxiliar la toma de decisiones e implementación de acciones locales. Para demostrar esto, el estado de Baja California fue seleccionado y sus emisiones GEI generados por RSU fueron cuantificadas. Así, este documento tiene dos objetivos: el primero es presentar las emisiones de metano provenientes de RSU de 1990 a 2010 y proyectarlas a 2050; en tanto que el segundo es construir y comparar escenarios de reducción de las emisiones a través de diferentes estrategias locales de mitigación.

2. METODOLOGÍA

2.1 Estimaciones GEI de 1990 a 2010

La metodología empleada para estimar las emisiones GEI provenientes de RSU fue la diseñada por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), siguiendo la siguiente secuencia:

1. *Estimación del volumen de RSU en Baja California durante el periodo 1990 a 2010.* Los datos considerados fueron: la población de Baja California y la cantidad de desechos orgánicos generada anualmente. Los datos de población fueron tomados de los censos de población elaborados por el INEGI para los años 1990, 1995, 2000, 2005 y 2010. Los años faltantes – anuales para el periodo considerado- fueron estimados a partir de interpolaciones. Usando estas estimaciones de población y considerando las estadísticas estatales de generación de residuos, se estimaron las tasas de generación de RSU en Baja California.
2. *Caracterización de la composición de RSU estimados.* El volumen total de RSU, sin embargo, no es suficiente para determinar la emisión de GEIs; para eso se necesita conocer la composición de dichos RSU, en particular la fracción orgánica. Por eso, aparte del volumen se estimó la composición de los desechos estatales; para tal se recurrió a la composición de las bases de datos de 1997 de SEDESOL. Para determinar la cantidad de material orgánico en los desechos (DOC) se obtuvo el promedio de la composición reportada entre 1992 y 2010, obteniendo que: el 52% de los desechos fueron restos de comida, basura de jardines y materiales orgánicos similares y el 16% papel, cartón y textiles, el 32% restante correspondió a materiales inorgánicos como metales, vidrios y plásticos.
3. *Cálculo de la fracción orgánica de la composición de RSU.* Como se observa hay dos fracciones que contribuyen al DOC; la primera es el porcentaje correspondiente a papel, cartón y textiles, mismo que se multiplicó por el factor de defecto de 0.4-recomendado por la metodología-; mientras que la segunda fue el porcentaje relacionado a desechos de comida y basura de jardín, mismo que se multiplicó por el factor 0.16 que es el mas apropiado para dicha composición. Las dos fracciones de DOC corregidas fueron sumadas, resultado que arrojó 0.15, esta fracción se usó como DOC.
4. *Computo de las emisiones estatales de metano.* La ecuación general para estimar las emisiones fue la siguiente [4]:

$$\text{Emisiones CH}_4 = MSWT \times MSWF \times MCF \times DOC \times F \times \frac{16}{12} \quad (1)$$



Dónde:

MSWT = Cantidad de desechos generados.

MSWF = Fracción dispuesta en los depósitos de desechos.

MCF = Factor de corrección de metano

DOC = Fracción de carbono orgánico degradable

5. *Estimación de GEI en términos de CO₂*. Por último, las emisiones de metano fueron transformadas en unidades de CO₂ equivalente usando el factor 21 por cada unidad de CH₄.

2.2 Elaboración de proyecciones al 2050

Para las proyecciones de las emisiones a 2050 se utilizó la proyección de población y se siguió la metodología para estimar las emisiones descritas anteriormente. Las proyecciones de población hasta el año 2030 fueron las del Consejo Nacional de Población (CONAPO) del 2010. Los años faltantes de 2035 a 2050, se estimaron usando un modelo lineal mediante la Ecuación 2, en ella el primer término representa el cambio (pendiente) promedio en el número de habitantes (inicial de 1617601) de un período “t” (en años) al siguiente. El modelo en su forma funcional se describe por:

$$Y_t = 1617601 + 77109.2 \times t \quad (2)$$

Una vez realizadas las proyecciones de población, el volumen esperado de RSU fue calculado usando el modelo multiplicativo de Winters -este describe de manera variable (t-1 a t) cambios estacionales (t-p)- mediante la Ecuación (3).

$$Y_t = (0.2_{t-1} + 0.4_{t-1}) \times 0.2_{t-p} \quad (3)$$

Con las cantidades de RSU estimadas para el periodo 2015 a 2050 en periodo de cinco años; las emisiones GEI esperadas fueron calculadas usando la ecuación (1). Se asumió que la composición de RSU permanece constante durante el periodo estimado. Sin embargo, los cambios en la composición pueden actualizarse mediante la modificación de la fracción biodegradable de carbón orgánico.

2.2 Construcción de escenarios de mitigación

Para elaborar los escenarios de reducción de las emisiones, se llevó a cabo una revisión de literatura de las principales tecnologías usadas para la disminución de las emisiones. Al mismo tiempo se consideraron: el contexto local existente en el manejo de residuos y los costos y tiempos de implementación. Esto resultó en la elección de cinco escenarios incluyendo el escenario inercial (Tabla 1). Los escenarios de reducción tienen las características comunes de ser de bajos requerimientos tecnológicos, baratos o medianamente baratos e inmediatamente implementables.

Tabla 1. Escenarios de mitigación de emisiones GEI provenientes de RSU

Escenario	Potencial de reducción	Especificaciones
Inercial	0 %	Ninguna medida es implementada
Disminución en la generación de RSU	30 %	Este potencial puede ser alcanzado mediante una reducción en la generación de RSU de 0.98 a 0.69 kg/persona/día. Este cambio es posible, es más este último índice de generación existe actualmente en el Sur de México. El cambio de 0.290 kg/persona/día puede lograrse mediante adopción de reciclado y separación de desechos ricos en materia orgánica.
Instalación de bio-digestores con el co-beneficio de generación de energía	60 %	Se supone que durante la vida útil del bio-digestor (20 a 25 años) el potencial permanece constante. Adicionalmente no se consideran instalaciones de bio-digestores adicionales.
Cambios en patrones de consumo + uso de biodigestores	90 %	Se supone que los dos escenarios descrito anteriormente suceden de manera simultánea
Utilización de técnicas de compostaje	46% [5]	La materia biodegradable como pasto, hojas, papel y residuos de cocina puede ser decompuestos por micro-organismos aerobicos a fin de formar un material compostable estable que puede ser usado como abono en horticultura y agricultura [6].

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estimaciones de emisiones de metano provenientes de RSU mostraron un incremento constante de 0.604 Gg/año para el periodo 1990-2010. Al inicio del periodo se generaron 5.4 Gg de metano y 17.5 Gg al final. Por otro lado, la proyección de emisiones de metano tendió a crecer a una tasa de 0.205 Gg/año para el periodo 2015-2050; al inicio del periodo RSU generaron 18.5 Gg de metano; hacia el final las emisiones de metano alcanzaron 25.7 Gg. Como se observa, la excesiva generación de RSU ha ocasionado el constante aumento de emisiones de metano durante el periodo 1990-2010 en Baja California. Es más, las emisiones tenderán a crecer a la par que lo hacen los RSU hasta 2050 –y posteriormente– si ninguna medida de mitigación es adoptada. Sin embargo, implementar medidas de reducción aunque urgente es un reto porque se requiere movilizar voluntades, actores y recursos, entre otros factores.

Experiencias previas han mostrado que incluso bajo un escenario de aumento de 60% en la generación de RSU, fue posible reducir emisiones de metano usando una mezcla de reciclado, composteo y generación de electricidad usando biogas [7]. De esta experiencia puede verse que la construcción de escenarios de mitigación puede ser una herramienta útil en la planeación de medidas de mitigación a fin de identificar una mejor gestión de residuos [8].

La construcción de escenarios se hizo usando las emisiones proyectadas como la base contra la que se aplicaron los cuatro restantes; las emisiones proyectadas también definieron el escenario inercial. Los resultados se muestran y comparan en la Figura 1. Como se observa es obvio que la inacción (en rojo) no es una opción y que el resto de escenarios tienen una mayor o menor efectividad, esto aunado a los criterios de selección presenta ventajas y desventajas de implementación que sirve para guiar la toma de desiciones al planear acciones de gestión. Por ejemplo, el mejor escenario en reducir las

emisiones GEI es el de “Cambios en patrones de consumo + uso de biodigestores” (en cuadrículado) lo que requiere la instalación de infraestructura de alrededor de US\$ 112,000 con capacidad de procesar entre 2,000 y 3,000 tpd y genere electricidad a través de la quema de biogas [9]. Aunado a una reducción constante de la fracción orgánica de los RSU como práctica rutinaria de la población en general. Si este escenario no fuese posible tanto por la falta de financiamiento como del largo tiempo para cambiar patrones de consumo, otros escenarios podría ser considerados; por ejemplo el de “Utilización de técnicas de compostaje” (en gris claro) considerando la reciente instalación de un centro de composteo en Tijuana [10].

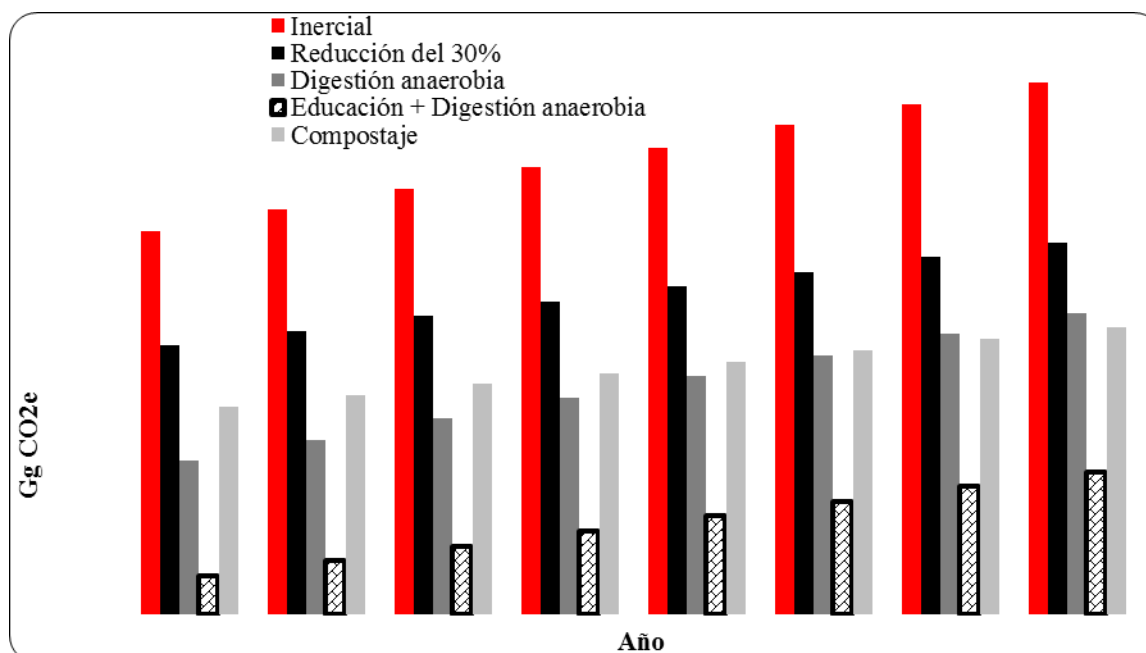


Figura 1. Escenarios de mitigación de emisiones GEI de RSU en Baja California, 2015-2050

4. CONCLUSIONES

Este estudio demostró que aún a pesar del uso de estadísticas agregadas, es posible construir escenarios de mitigación generalizados a una misma región que pueden delinear medidas de gestión de RSU para los municipios, que es en quienes recae la responsabilidad de la gestión. Además, la construcción de escenarios mostró que es posible planear incluso bajo condiciones limitadas.

La solución para reducir las emisiones GEI provenientes RSU en Baja California requiere de una mezcla de estrategias que incluyen medidas tecnológicas a corto plazo que compre tiempo – cerca de 20 años- para instrumentar cambios sociales particularmente el cambio de patrones de consumo mediante acciones de educacional ambiental y la creación de infraestructura adecuada.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] United Nations Environmental Programme (UNEP), 2010. Waste and Climate Change: Global trends and strategy framework. United Nations Environmental Programme Division of Technology, Industry and Economics International Environmental Technology Centre Osaka/Shiga, Pp. 1, 14.
- [2] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2012. Capítulo 7. Residuos. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental. Edición 2012. (26 de Febrero del 2014) http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/07_residuos/cap7_1.html
- [3] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) & Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), 2012. México Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
- [4] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 1996. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 2 Workbook. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- [5] Jäckel U., Thummes K., Kämpfer P., 2005. “Thermophilic methane production and oxidation in compost”. *FEMS Microbiology Ecology*. Vol. 52, pp 175-184.
- [6] Porteous A., 2008. *Dictionary of Environmental Science and Technology*. Fourth Edition. John Wiley & Sons Ltd, Baffins Lane, Chichester, West Sussex PO19 1UD, England. Pp. 389-391, 141-142.
- [7] Weitz K. A., Thorneloe S. A., Nishtala S. R., Yarkosky S. L. and Zannes M., 2002. “The Impact of Municipal Solid Waste Management on Greenhouse Gas Emissions in the United States”. *Journal of the Air and Waste Management Association*. Vol. 52, pp 1000-1011.
- [8] Thorneloe S. A., Weitz K. A., and Jambeck J., 2007. “Application of the US decision support tool for materials and waste management”. *Waste Management*. Vol. 27, pp 1006–1020.
- [9] Velzy C. O. and Grillo L. M., 2007. “Waste-to-Energy Combustion.” Pp. 24-1–24-38 in *Handbook of Energy Efficiency and Renewable Energy*, F. Kreith and D. Y. Goswami, eds. Boca Raton, FL: CRC Press.
- [10] United States Environmental Protection Agency (USEPA), 2013. Urban Compost Center. Tijuana Opens First Urban Compost Center in Border Region. (28 de Febrero del 2014) <http://www2.epa.gov/border2020/urban-compost-center>.

[Indice](#)



Planeación Estratégica para la Educación Ambiental una Herramienta para la Gestión de Residuos Sólidos en Instituciones Educativas

¹Jorge Arturo Pelayo López, ¹Salvador García Ruvalcaba, ¹Alfredo Tomás Ortega, ¹Gabriela Pérez Carrillo, ²María Esther Enríquez Castellón

¹ Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara, Ave. Independencia Nacional 151, Autlán de la Grana, Jalisco, C.P. 48900, Tel. (317) 38 2 47 42, jorgep@cucsur.udg.mx.

²Universidad del Valle la Grana y Bachillerato Tecnológico de Autlán

RESUMEN

Uno de los problemas ambientales que ocasiona la sociedad moderna, es la alta generación de residuos sólidos urbanos. Se aplicaron encuestas de diagnóstico en el Centro Universitario de la Costa Sur (CUCSUR) de la Universidad de Guadalajara, en la Universidad del Valle la Grana (UNIVAG) y en el Bachillerato Tecnológico de Autlán (BTA) para determinar la percepción que tiene la comunidad educativa respecto al principal problema ambiental dentro y alrededor de estas instituciones educativas, sus causas y soluciones; la encuesta reveló que la basura es uno de los principales problemas a resolver. En relación a las causas principales, en los tres casos se mencionó la falta de Educación Ambiental y la falta de contenedores para la clasificación de residuos sólidos. Hubo coincidencia en que parte de la solución era el desarrollo de acciones de Educación Ambiental y que se contara con contenedores adecuados para la clasificación de residuos. La Planeación Estratégica como herramienta de la Educación Ambiental fue elemental para el desarrollo de la participación de actores clave en el desarrollo del análisis FODA y en la elaboración de objetivos estratégicos, utilizando en el proceso, la metodología de la investigación-acción, implementando una Estrategia de Educación Ambiental y la ejecución de los componentes de un Programa de Gestión de Residuos Sólidos en las instituciones educativas seleccionadas. Por último, se trabajó en la sistematización y evaluación de las acciones, destacándose una fuerte participación, mejoras de los espacios comunes y reducción notable de los residuos en las tres instituciones educativas.

Palabras Clave: Campaña, Diagnóstico, Estrategia, Evaluación, Participación.

1. INTRODUCCIÓN

El problema de la alta generación de residuos sólidos a nivel global, es ocasionado por las tendencias actuales de consumo y producción, que privilegian la cultura del úsese y tírese, constituyendo hoy por hoy, uno de los principales problemas a resolver a nivel: municipal, regional, nacional y mundial [1]. El conflicto del manejo de los residuos en las instituciones educativas a nivel medio y superior, es similar al de muchas ciudades, en donde se tienen cantidades cada vez mayores, y por lo tanto, los gastos y otras cuestiones relacionadas con su manejo van creciendo. Las instituciones educativas no pueden quedarse sin actuar ante el gran problema que los residuos sólidos provocan a la salud humana y al medio ambiente. El problema de los residuos y su gestión integral requiere para su abordaje la participación de diversas disciplinas para el desarrollo de propuestas y estrategias de solución [2] - [3].

La Planeación Estratégica adoptada en muchos países, ha dado como resultado estrategias de conservación de la naturaleza, planes de Educación Ambiental y planes de acción ambiental desde los ámbitos nacional, regional, municipal y comunitario. Ante el reto que plantea el problema de los residuos sólidos en los municipios, y como parte de éstos en las instituciones educativas, este trabajo demuestra cómo la Planeación Estratégica puede ayudar a la construcción de programas de Educación Ambiental efectivos que fomenten la participación de la comunidad educativa (autoridades



universitarias, educadores ambientales, líderes estudiantiles, profesores, estudiantes, intendentes, conductores de radio, miembros de grupos ambientales, entre otros), para participar en la reducción de los residuos, el reuso y el reciclaje.

En diciembre de 2010 se realizó un diagnóstico para mejorar la Gestión de Residuos Sólidos en el Centro Universitario de la Costa Sur, ampliando el estudio en junio de 2011 a la Universidad del Valle la Grana y al Bachillerato Tecnológico de Autlán. Los diagnósticos en los tres centros educativos revelaron la falta de Educación Ambiental e infraestructura para la clasificación de los residuos.

2. METODOLOGÍA

Para atender el problema de los residuos sólidos, no es suficiente contar sólo con datos cuantitativos, se necesitan datos cualitativos que permitan establecer campañas educativas para influir en el comportamiento de la comunidad educativa. Por tal razón, se utilizó la metodología de la investigación- acción, por su postura predominantemente pragmática de la visión cotidiana, que busca soluciones inmediatas, que puedan aplicarse a la exploración de los problemas y posibilidades de la Educación Ambiental, y que constituye un ejemplo de coherencia y congruencia entre los métodos de investigación de ámbito educativo y de reflexión.

Se utilizó la Planeación Estratégica, por ser ésta una herramienta eficaz para definir el rumbo que desean seguir las instituciones educativas seleccionadas para atender los problemas ambientales sentidos. En este marco, la investigación se llevó a cabo en cinco etapas:

1. Diagnóstico sobre el problema ambiental. Se utilizó la encuesta con preguntas cerradas, por ser una técnica que permite la recolección de información de un mayor número de personas sacando una muestra representativa del universo de estudio [4]. Las encuestas aplicadas en cada institución educativa, dieron a conocer el principal problema ambiental, sus causas primarias y secundarias, sus acciones de solución y su evaluación. La Tabla 1 contiene el tamaño de la muestra de la pre-encuesta y post-encuesta aplicadas en cada institución o centro de estudio.

Tabla 1. Tamaño de muestra aplicada en la pre-encuesta y post-encuesta en cada centro de estudio

Periodo Centro de Estudio	Diciembre/2010		Diciembre/2011		Junio/2011		Febrero/2012	
	Universo	Muestra	Universo	Muestra	Universo	Muestra	Universo	Muestra
CUCSUR	3,384	345	3,511	346				
UNIVAG					228	143	320	175
BTA					140	103	152	109

2. Análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) previa identificación y participación de actores clave de cada centro de estudio (directivos, líderes académicos, educadores ambientales, líderes estudiantiles, intendentes, conductores de radio, miembros de grupos ambientales, entre otros).

3. Diseño de la estrategia para atender el problema ambiental mediante talleres participativos. Los actores clave definieron acciones concretas para alcanzar las soluciones al problema identificado.



4. Ejecución de la estrategia, que consistió en el desarrollo de una intensa campaña de Educación Ambiental (talleres, exposiciones, pláticas, programas de radio, canciones, videos y campañas de limpieza) y adquisición de infraestructura (contenedores, señalización y centro de acopio).
5. Evaluación y seguimiento, se aplicó una post-encuesta para conocer los alcances de la campaña de Educación Ambiental, del desarrollo de infraestructura y del nivel de participación en la separación de los residuos, contrastando los resultados obtenidos con la pre-encuesta.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La valoración de las pre-encuestas aplicadas de diciembre de 2010 a junio de 2011 a la comunidad educativa de las tres instituciones educativas (CUCSUR, BTA y UNIVAG), reveló que la basura es uno de los principales problemas a resolver. En relación a las causas principales, en los tres casos se mencionó la falta de Educación Ambiental y la falta de contenedores para la clasificación de residuos sólidos. En las post-encuestas aplicadas de diciembre de 2011 a febrero de 2012, los miembros de la comunidad educativa de los tres centros de estudios, resaltan que el problema de la basura ha disminuido como resultado de la campaña de Educación Ambiental y por la creación de islas con contenedores para la clasificación de los residuos. La Tabla 2 concentra la información referente al problema ambiental, las causas primarias y secundarias.

Tabla 2. Comparación de resultados entre el CUCSUR, BTA y UNIVAG. Problema/Causa/Solución

Principal problema ambiental dentro y alrededor de los centros educativos, causas y soluciones	CUCSUR		BTA		UNIVAG	
	Dic 2010	Dic 2011	Jun 2011	Feb 2012	Jun 2011	Feb 2012
Problema principal: La basura	82.3%	66.5%	90.3%	48.5%	78.3%	28%
Causas primarias: ▪ Falta de Educación Ambiental ▪ Falta de conciencia ▪ Falta de cultura	67.6%	41.9%	61.2%	34%	42.0%	18.9%
Causas secundarias: Falta contenedores para la clasificación de residuos sólidos	17.4%	9.5%	16.5%	7.8%	21.7%	4.6%
Solución: Campaña de Educación Ambiental	Desde febrero de 2011 a la fecha		Desde julio de 2011 a la fecha		Desde julio de 2011 a la fecha	
Solución: Establecimiento de islas con contenedores para la clasificación de residuos	5 islas con 4 contenedores junio de 2011		5 contenedores julio de 2011		5 contenedores julio de 2011	

3.1. Planeación Estratégica

La Planeación Estratégica es una herramienta útil para involucrar en el proceso a diversos actores clave, siendo muy importante en la definición de los objetivos estratégicos. En junio de 2010 se realizó el primer taller con actores clave para obtener el análisis FODA de las tres instituciones educativas. De este análisis se derivó el diseño de la Estrategia de Educación Ambiental y las necesidades de infraestructura en cada centro de estudio. En la Tabla 3 se presenta una síntesis de los resultados de este análisis.

Tabla 3. Resultados del análisis FODA con actores clave del CUCSUR, UNIVAG y BTA

Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
F1. Se cuenta con apoyo de Educadores Ambientales del CUCSUR. F2. Las tres instituciones tienen miembros de la red ambiental SUMATE (Salud Unión México Ambiente Transformado con Educación). F3. Se mantiene desde 1998 la recolecta de papel y cartón en el CUCSUR, parte se reusa y lo excedente se lleva al Centro de Acopio municipal. F4. El municipio de Autlán de Navarro, cuenta con un centro de acopio a donde se pueden llevar los residuos de las tres instituciones. F5. Se cuenta con un programa de radio semanal “Ecos de la Naturaleza”. F6. Existen condiciones para desarrollar una Estrategia de Educación Ambiental para la separación de residuos sólidos.	O1. La Ley de Gestión Integral de los Residuos del Estado de Jalisco, obliga a la separación de los residuos. O2. Las autoridades de las tres instituciones tienen interés en reducir los residuos. O3. Inicio de un nuevo programa de radio “Agenda 21” en Radio Universidad de Guadalajara-Autlán. O4. Se puede solicitar apoyo a empresas locales para adquirir contenedores de separación anunciando su empresa. O5. Involucrar a la red SUMATE y voluntarios a las acciones de Educación Ambiental.	D1. No se cuenta con la caracterización de los residuos en las tres instituciones. D2. No se cuenta con una estrategia de Educación Ambiental para reducir, reusar y reciclar los residuos. D3. No existen contenedores para la clasificación de residuos. D4. Falta de cultura ambiental en la comunidad educativa. D5. La mayoría de los intendentes están renuentes a que se desarrolle el programa de clasificación de residuos ya que consideran que les representará más trabajo.	A1. Aumento de la generación de residuos dentro y fuera de las instalaciones educativas. A2. Que con el cambio de las autoridades se pierda el interés por la reducción de los residuos.

Los resultados de las encuestas y los talleres participativos coincidieron en la falta de Educación Ambiental e infraestructura para la clasificación de residuos en los tres centros de estudio, esta claridad en la identificación de las necesidades fue la meta que se persiguió para avanzar en la reducción de los residuos.

3.2. Evaluación de la campaña de Educación Ambiental en las tres instituciones educativas

Los alcances de la campaña de Educación Ambiental variaron notablemente según los resultados obtenidos en las post-encuestas realizadas a la comunidad educativa de las tres instituciones, siendo el BTA quien obtuvo los mejores resultados. En la Figura 1 se muestra la comparación entre los porcentajes obtenidos.

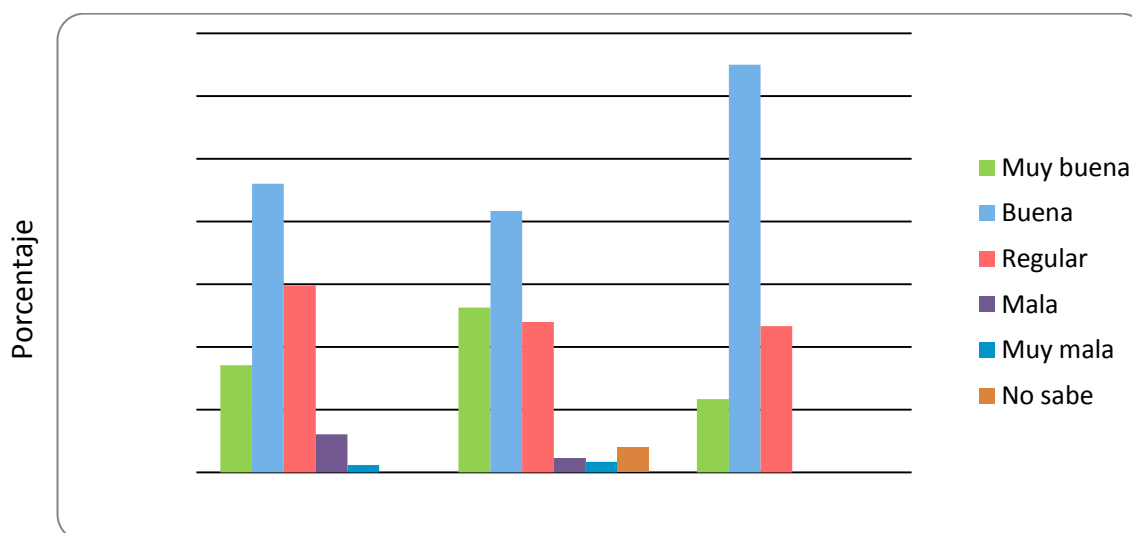


Figura 1. Evaluación de la campaña de Educación Ambiental en las tres instituciones educativas

La Educación Ambiental no es suficiente si no busca la participación de los actores clave de las instituciones educativas, son ellos quienes perciben el problema y son ellos quienes pueden definir y participar en la solución, esto incluye: la campaña educativa y los procesos de gestión para conseguir los recursos necesarios para lograr la separación de los residuos.

3.3. Productos de la campaña de Educación Ambiental

La campaña de Educación Ambiental en todo momento promovió la participación y la creatividad de los actores clave generando productos de alto impacto, como fue: el videoclip “La basura va al bote” la canción “Reduciendo, Reusando y Reciclando” se llevó a la práctica el reuso con la elaboración de la exposición “Residuo-arte”, la señalización hecha en cerditos de madera (proveniente de desperdicios) con el mensaje “mis parientes dejan la basura aquí”, los programas de radio “Agenda 21” y “Ecos de la Naturaleza” que brindaron espacios para difundir los alcances de la campaña.

3.4. Nivel de participación

El nivel de la participación varía según los mecanismos informativos que se utilizan y según los sectores en donde se llevan a cabo [5]. En este caso, como se ha descrito, se utilizaron diversos recursos informativos y educativos generados con la participación de actores clave, lo anterior hizo evidente la reducción en la cantidad de residuos en los espacios comunes y un notable aumento en la participación de la comunidad educativa con respecto a la clasificación de los residuos, al usar contenedores apropiados en los tres casos de estudio. En la Figura 2 se presentan los porcentajes obtenidos sobre el nivel de participación que se tuvo en los tres casos de estudio en relación a la clasificación de los residuos.

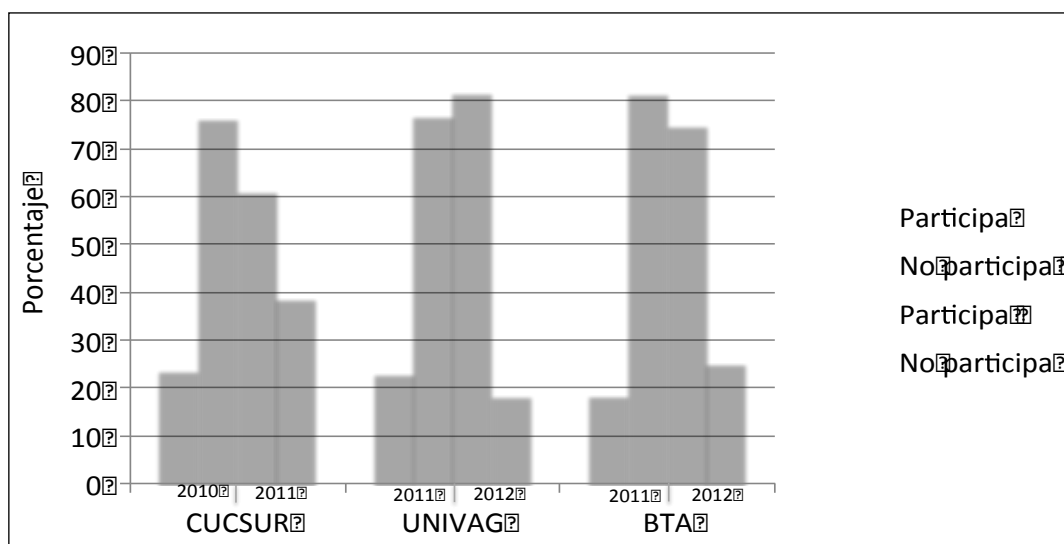


Figura 2. Nivel de participación sobre la clasificación de los residuos en las tres instituciones educativas

4. CONCLUSIONES

Las campañas de Educación Ambiental deben de desarrollarse de manera paralela al establecimiento de la infraestructura para la separación de residuos, y deben de evaluarse en el tiempo para conocer su escalamiento.

Es muy importante el mensaje para la valorización de residuos, pero más importante es predicar con el ejemplo. Para que la Educación Ambiental tenga los resultados, debe de crear los espacios de participación y generar procesos de reflexión acción que conlleven una Planeación Estratégica para atender los problemas ambientales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Bauman, Z. *Vida de consumo*. 2007. Fondo de Cultura Económica. España. pp. 208.
- [2] Bernache Pérez, G. *Cuando la basura nos alcance. El impacto de la degradación ambiental*. Edición 1. 2006. Publicaciones de la Casa Chata. CIESAS. México. pp.551.
- [3] García Ruvalcaba, S. y Pérez Carrillo, G. Programas municipales de separación de residuos limpios para el reciclaje. En E. Silva Rivera, M. D. Vergara Tenorio y E. Rodríguez-Luna. *Casos exitosos en la construcción de sociedades sustentables*. 2012. Universidad Veracruzana. México. pp. 459-482.
- [4] Vicencio Leyton, O. *La investigación en las ciencias sociales*. Edición 1. 2011. Trillas. México. pp. 172.
- [5] Pujolràs i Baró, N. Una estrategia educativa en el marco de campañas municipales de educación ambiental. Fomento del reciclaje de los residuos municipales. En R. M. Pujol Vilallonga, L. Cano Muños. *Nuevas tendencias en investigaciones en Educación Ambiental*. 2004. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. pp. 531-550.

[Índice](#)



La no sustentabilidad de la Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos en el Estado de Guerrero, México

¹Guadalupe Toache Berttolini, ²Vania López Toache; ¹Alejandro Juárez Agis, ¹Mayra Rivas González

¹Unidad Académica de Ciencias Ambientales, Carretera Cayaco-Puerto Marqués, Ejido Llano Largo, Parcela 56, 57 y 58, Campus Llano Largo, CP. 39906, Acapulco Gro. Tel. 7441641526, correo electrónico: toacheberttolini@hotmail.com

²Unidad Académica de Economía, Paseo de la Cañada s/n esq. Andador Granizo, Col Alta Progreso, C.P. 39610, Acapulco, Gro., Tel. 7441724473

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es proveer un análisis de los servicios de manejo de los residuos sólidos urbanos en el Estado de Guerrero, México. Una medida de la no sustentabilidad ambiental es la generación de los residuos. Estos representan materiales no utilizados en forma integral durante los procesos de producción o después del uso de los bienes de consumo por la sociedad. Representando una carga económica importante.

En ese sentido, en el plano nacional, la necesidad de resolver los problemas ocasionados por los residuos ha sido la razón de la expedición de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR), vigente, desde el 8 de abril de 2004 (DOF, 2003), y de su respectivo reglamento 2007. Esta ley clasifica los residuos en tres estratos: peligrosos, de manejo especial y sólidos urbanos. En la LGPGIR se plantea, entre otros conceptos básicos la sustentabilidad del manejo de residuos, de tal manera que la gestión de residuos sólidos debe ser ambientalmente efectiva, económicamente viable y socialmente aceptable.

Pese a la existencia de este instrumento normativo y otros no ha sido posible implementar una política resolutive en esta materia como es en el Estado de Guerrero, donde existen rellenos sanitarios sin toda la tecnología que deben de tener, además de tiraderos a cielo abierto que incrementan los nivel de contaminación ambiental debido a la descomposición de los residuos que producen lixiviados y microorganismos. Los primeros contaminan el suelo y los segundos el ambiente.

Palabras clave: Residuos sólidos urbanos, Sustentabilidad, Generación per cápita, Rellenos sanitarios, Tiraderos a cielo abierto

1. INTRODUCCIÓN

Una de las características emblemáticas del sistema económico mundial actual es que basa el desarrollo de las sociedades en el crecimiento constante del consumo de bienes y servicios. Este hecho ha permitido un mejor nivel de vida a una buena parte de la población mundial. En los países desarrollados es difícil recordar el nivel de esfuerzo físico que requeriría el trabajo en el campo para los hombres o el trabajo doméstico para las mujeres en el esquema tradicional de la división del trabajo, antes de que se extendiera el uso de las máquinas. Sin embargo, desde el inicio de la revolución industrial este crecimiento acelerado ha traído consigo dos grandes problemas para el planeta: el primero como resultado del calentamiento global producido por los gases de efecto invernadero de la actividad industrial, el transporte y los hogares; el segundo, por la creciente generación de desechos tóxicos y no tóxicos de un mayor consumo de bienes de más y más ciudadanos en busca de un mejor nivel de vida en los términos comentados [1].

En el caso de México y particularmente de Guerrero, los residuos sólidos urbanos es un problema que se ha ido incrementando a través del tiempo, sobre todo por la inadecuada gestión de los mismos.



2. METODOLOGÍA

Se realizará un estudio y análisis de la legislación y normatividad existentes en materia de residuos sólidos urbanos a nivel nacional, así como la que conciernen al Estado de Guerrero. Asimismo, se analizará cómo se llevan a cabo las cuatro etapas del manejo integral de los residuos sólidos urbanos en el Estado: generación, barrido, recolección y disposición final. Con el fin de determinar si la gestión de los residuos sólidos urbanos es sustentable.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Antecedentes del marco legal

En enero de 1988 se promulgó la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) [2], que estableció la concurrencia de los órdenes de gobierno en materia ambiental, dejando a cargo de las entidades federativas y los municipios la atención de aquellos asuntos que no estuvieron expresamente reservados para el orden federal. Dicho ordenamiento reservó para la Federación la regulación de las actividades relacionadas con residuos peligrosos y con ello estableció una distinción entre residuos peligrosos y no peligrosos, atribuyendo competencia sobre estos últimos a las autoridades locales.

Más tarde en 1999 se promulgaron las reformas a la (LGEEPA), que facultaron a las entidades federativas para regular los sistemas de recolección, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos e industriales que no estuvieran considerados como peligrosos y a los municipios la atribución de aplicar tales disposiciones [3].

En octubre de 2003 se publicó la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) [4], que asume algunas de las disposiciones establecidas previamente en la (LGEEPA) y en donde señala de manera expresa la competencia de la Federación, de las entidades federativas y de los municipios en la materia. A la regulación sobre prevención y gestión de residuos señalados se añaden las disposiciones reglamentarias correspondientes y la expedición de otros instrumentos como las normas técnicas ambientales (hoy conocidas como Normas Oficiales Mexicanas).

Tanto la LGEEPA como la LGPGIR son reglamentarias de las disposiciones constitucionales contenidas en el artículo 4 en materia de protección a la salud y al derecho a un ambiente adecuado.

3.2 Normatividad estatal en materia de gestión de residuos

La LGPGIR, publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 8 de octubre de 2003, y su reglamento es un conjunto de disposiciones legales que regula la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos en el territorio nacional. Es reglamentaria del artículo 4º constitucional. Se compone de 125 artículos y 13 transitorios. El título primero se refiere al objeto y ámbito de aplicación de la ley; el título segundo a la distribución de competencias y coordinación entre los tres niveles de gobierno; el tercero a la clasificación de los residuos; el título cuarto a los instrumentos de la política de prevención y gestión integral de los residuos; el título quinto trata sobre el manejo de residuos peligrosos; el título sexto de la



prevención y manejo integral de residuos sólidos, y el título séptimo sobre medidas de control y de seguridad, infracciones y sanciones.

Esta ley entró en vigor el 05 de enero de 2004, 90 días naturales posteriores a su publicación en el DOF el 8 de octubre de 2003. Este ordenamiento sustituye y complementa disposiciones de la LGEEPA, así como del Reglamento de la LGEEPA, en materia de residuos peligrosos [5].

Las últimas reformas fueron publicadas en el DOF el 22 de mayo de 2006 y el 19 de junio de 2007.

Las disposiciones de la LGPGIR son de orden público e interés social, y tienen por objeto garantizar el derecho de toda persona a un medio ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable, a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación, así como establecer las bases para una serie de principios.

De acuerdo con las disposiciones contenidas en la LGPGIR, existen tres tipos de residuos: los residuos sólidos urbanos (RSU), que tienen un carácter domiciliario; los residuos peligrosos (RP), y los residuos de manejo especial (RME). Es en esa normatividad donde se delimitan las funciones de los diferentes órdenes de gobierno y sus atribuciones en la materia.

Entre los diferentes análisis realizados a la normatividad sobre residuos en las entidades federativas se señalan, los siguientes aspectos, que existen serias inconsistencias legislativas respecto de la regulación de los residuos en el ámbito de las entidades federativas, ya que de acuerdo con la parte expositiva de la legislación anotada en las entidades federativas se ha puesto más énfasis en la regulación y administración de los servicios de limpia que en el manejo seguro y ambientalmente adecuado de los residuos. De la misma manera, se asevera que debido al perfil de las legislaciones locales en materia de generación, manejo y disposición final de residuos en los estados y municipios, no se ha logrado una gestión sustentable de los mismos ni se ha conseguido que el manejo de éstos sea ambientalmente efectivo, socialmente aceptable y económicamente viable [6].

En el ámbito local, el régimen jurídico de los residuos y su tratamiento se compone de diferentes ordenamientos legales expedidos en las entidades federativas leyes, reglamentos y normas técnicas así como diversas disposiciones emitidas por los ayuntamientos, como reglamentos, bandos municipales y otros.

De acuerdo con el Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2009-2012[7], el cual fue aprobado siendo gobernados el C. Contador Carlos Zeferino Torreblanca Galindo, uno de los rasgos que caracterizan a la legislación de las entidades federativas es que por lo general no aborda el tratamiento de los residuos peligrosos domésticos ni regula el caso de los micro-generadores de tales residuos, mismos que pueden ser controlados en conjunto con la federación- por las autoridades estatales y municipales que así lo decidan. Según el programa aludido, esta distribución de responsabilidades obedece a que los grandes generadores se cuentan por miles, los establecimientos micro-generadores en cientos de miles y los domicilios generadores de residuos peligrosos domésticos en millones, lo que demanda una acción cooperativa y la concurrencia de los tres órdenes de gobierno para su control.



No obstante, en septiembre de 2006, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Guerrero (SEMAREN), celebró un Convenio de Colaboración con la Cooperación Técnica Alemana con el objeto de recibir asistencia técnica para la elaboración de un Programa de Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos. Según la SEMAREN en una primera etapa se capacitó a los ayuntamientos y se recolectó información relativa a la gestión de residuos en los municipios, a partir de estos datos se realizó el diagnóstico de la gestión de residuos en el Estado, desde la generación, recolección, tratamiento, disposición final, etc. De este diagnóstico se realizó una planeación estratégica sobre acciones necesarias para mejorar la gestión de los residuos en el estado, lo cual pretendía tener como consecuencia el mejoramiento de la imagen, de la calidad de vida de los guerrerenses al disminuir enfermedades gastrointestinales y respiratorias causadas por manejo y disposición inadecuada de los residuos; agregando el beneficio que obtendría el entorno natural al evitar, de manera gradual, la contaminación de suelo, agua y aire; ahorrar recursos naturales, el agua, la energía y aumentar la vida útil de rellenos sanitarios mediante la valorización de materiales reciclable.

3.3 Normatividad local

La Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Guerrero (LEEPAEG) [8], atribuye al gobierno estatal la regulación de la recolección, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos no peligrosos. A su vez atribuye a los municipios el control y la autorización del funcionamiento de sistemas de recolección, transporte y disposición de residuos sólidos no peligrosos. Ambos son obligados a promover la racionalización de la generación de residuos y su reciclaje.

Por otro lado, la Ley 593 de Aprovechamiento y Gestión Integral de los Residuos Sólidos del Estado de Guerrero (LAGIREG) [9] establece el marco local para propiciar el desarrollo sustentable mediante la prevención de la generación, el aprovechamiento y la gestión integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como la prevención de la contaminación y remediación de suelos contaminados con residuos.

La Ley de Hacienda Municipal [10], establece que los ayuntamientos pueden cobrar derechos por los servicios de limpia, aseo público, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos.

Por otro lado, el Plan Estatal de Desarrollo 2005-2011 [11], en el punto 5 “Cómo Producir Mejor” el tema de sustentabilidad del desarrollo, y como un medio para lograrlo la prevención y control de la contaminación ambiental. Hace énfasis en la problemática de la disposición final de residuos a cielo abierto.

El Programa Sectorial de Ecología del Estado de Guerrero [12], contiene lineamientos de protección ambiental para desarrollar sistemas locales y regionales para el manejo integral de residuos industriales y peligrosos, no peligrosos y municipales, eliminar tiraderos clandestinos, fomentar campañas para evitar la contaminación, controlar la basura, reforestar y tener viveros municipales, integrar un sistema de manejo integral, transporte y análisis de residuos industriales.

Además, la Administración Pública Estatal del Gobierno del Estado de Guerrero, tiene una estructura para atender los problemas ambientales. Cuenta con una Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales para regular los problemas ambientales (SEMAREN) y una Procuraduría de Protección Ecológica del Estado que se encarga de vigilar la aplicación de la legislación ambiental.

Asimismo, existen 11 Administraciones Públicas Municipales que tienen una Dirección o Departamento de Ecología: Acapulco de Juárez, Chilpancingo de los Bravos, Chilapa de Álvarez, Tixtla de Guerrero, Pungarabato, Coyuca de Benítez, Petatlán, Taxco de Alarcón, Buenavista de Cuellar, Arcelia y Pilcaya, el resto



de los municipios carecen de ella, en cambio para el servicio de limpia, prácticamente todos los ayuntamientos tienen una coordinación de Servicios Públicos de la cual depende una Dirección o Jefatura de Limpia.

Aunado a ello, en Guerrero hay dos asociaciones creadas para establecer mecanismos de cooperación y colaboración entre ayuntamientos con la finalidad de potenciar el desarrollo regional mediante proyectos de infraestructura, equipamiento urbano, comunicaciones, seguridad pública, aprovechamiento de recursos naturales y preservación del medio ambiente. El primer proyecto ha sido la construcción de rellenos sanitarios regionales.

a) **Asociación de Municipios de la Zona Norte del Estado de Guerrero.** En Iguala de la Independencia Construyeron un relleno sanitario regional y uno intermunicipal en Atenango del Río para este municipio y copalillo. Esta asociación se conforma por ocho municipios: Copalillo, Atenango del Río, Huitzuco de los Figueroa, Tepecoacuilco de Trujano, Iguala de la Independencia, Cocula, Buenavista de Cuellar y Cuetzala del Progreso.

b) **Asociación de Municipios de la Región de Tierra Caliente del Estado de Guerrero.** Está constituida por nueve municipios: Ajuchitlán del Progreso, Arcelia, Coyuca de Catalán, Cutzamala de Pinzón, Pungarabato, San Miguel Totolapan, Tlalchapa, Tlapachula y Zirándaro.

3.5 Manejo integral de los residuos sólidos urbanos (RSU) en Guerrero

De acuerdo con la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en su Compendio de Estadísticas Ambientales (2010), la generación de los residuos sólidos urbanos para el Estado de Guerrero es de 876,000 tonelada de residuos [13], ocupando lugar número quince a nivel nacional de 32 entidades federativas, produciendo el 2.28% de los residuos sólidos urbanos en México.

En el Estado de Guerrero el sistema de manejo de los residuos en general, son cuatro las etapas: generación, barrido, recolección y disposición final. En las ciudades más grande del estado existe la separación para el reciclaje esta actividad es informal e incipiente. Otros tratamientos a gran escala como el compostaje no existen en la entidad.

a) **Generación.** La cantidad de residuos que se generan en viviendas, establecimientos comerciales, de servicio e industria ubicadas en el Estado de Guerrero no ha sido cuantificado en forma precisa, una estimación que plantea la SEMAREN en su diagnóstico que realizó es de 2, 200 toneladas por día en toda la entidad y un promedio de generación per-cápita inferior a 0.700 kg. Y la composición es mayoritariamente residuos orgánicos incluso en Acapulco por su actividad de servicio turístico se genera una gran proporción de estos. En las zonas también el porcentaje de residuos orgánicos es mayor.

b) **Barrido.** El servicio de barrido se realiza en 66 de los 81 municipios de la entidad. Este servicio se ofrece principalmente en las cabeceras municipales y se centra en las principales calles y plazas.

c) **Recolección.** El servicio de recolección se proporciona en casi todas las cabeceras municipales y algunas poblaciones de los municipios en la entidad. Sin embargo, la cantidad de habitantes que viven en localidades con este servicio es baja, cercana al 59 %. Existe mayor cobertura en municipios con mayor cantidad de habitantes ya que generalmente tienen poblaciones de mayor tamaño. En otros municipios al estar las poblaciones a mayores distancias es más difícil y costoso prestar el servicio de recolección, [14]. Este



servicio en el Estado es el de mayor cobertura en el sector de residuos. Emplea cerca de 1,000 personas con un costo superior a los 106 millones de pesos anuales para toda la entidad. Para la prestación del servicio se emplean 322 vehículos de propiedad municipal más otros particulares no cuantificados.

d) Disposición Final. El depósito final de residuos en la entidad se realiza de forma general en sitios que no cumplen con la normatividad ambiental correspondiente. Algunos son Sitios Controlados, en donde regularmente se cubren los residuos y tienen obras de infraestructura para limitar los impactos diversos al ambiente. Estos sitios son pocos ya que sólo Acapulco, Chilapa, Ometepepec, Buenavista de Cuellar y Zapotitlán Tablas, han trabajado en la construcción de Rellenos Sanitarios y el cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003. Chilpancingo, también está trabajando para ser un sitio controlado. El resto son Sitios no Controlados no presentan obras que permitan limitar el impacto de los residuos al ambiente.

El relieve del Estado de Guerrero es accidentado por lo cual la mayoría de las poblaciones tienen sus propios sitios para desechar los residuos, en algunos casos el gobierno municipal ha establecido sitios más grandes para disponer de estos residuos. Existen 88 sitios municipales en donde regularmente son depositados los residuos provenientes de las viviendas, comercios y servicios. Los más grandes se ubican en las ciudades y los más pequeños en las zonas rurales. Al no existir báscula para el registro de la entrada de los residuos en estos sitios no es posible una cuantificación de los mismos [15].

4. CONCLUSIONES

Una medida de la no sustentabilidad ambiental es la generación de los residuos. Estos representan materiales no utilizados en forma integral durante los procesos de producción o después del uso de los bienes de consumo por la sociedad. Los residuos representan una carga económica importante para la sociedad por lo tanto es necesario asegurar que tengan un fin de vida adecuado. Por lo tanto es importante el desarrollo de mejoras ambientales en la gestión y manejo de residuos, particularmente los considerados de riesgo para la salud y el ambiente, ha tomado una relevancia cada vez mayor en el mundo en años recientes. En virtud de que la producción de residuos es genérica de los procesos industriales y de la provisión de servicios, así como de la sociedad en general [15].

En el plano nacional, la necesidad de resolver los problemas ocasionados por los residuos ha sido la razón de la expedición de la LGPGIR, esta ley plantea, entre otros conceptos básicos, la sustentabilidad de Manejo de Residuos, de tal manera que la gestión de residuos sólidos debe ser ambientalmente efectiva, económicamente viable y socialmente aceptable. Sin embargo, pese a la existencia de este instrumento normativo y otros, así como de esfuerzos previo aún no ha sido posible implementar una política resolutoria en esta materia.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Mascott, M. de los Á. (2012). “Presentación”. *Reporte CESOP*. Núm. 51. (pp. 1-2).
- [2] Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
- [3] Gonzáles, J. de J. (2012). “La prevención y gestión integral de los residuos en México”. *Reporte CESOP*. Núm. 51. (pp. 3-9).
- [4] Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.
- [5] Galván Meraz, F.J., Correa Vela, M. del C., García Bogarín, R.D.M. *Prontuario sobre legislación de residuos en México*. Primera Edición. 2008. Arlequín. México. Pp. 287.
- [6] Cámara de Diputados del Congreso de la Unión (2001). “Exposición de motivos de la iniciativa de Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. *Gaceta Parlamentaria*. Núm. 888.
- [7] Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2009-2012
- [8] Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Guerrero.
- [9] Ley 593 de Aprovechamiento y Gestión Integral de los Residuos Sólidos del Estado de Guerrero.
- [10] Ley de Hacienda Municipal
- [11] Plan Estatal de Desarrollo 2005-2011
- [12] Programa Sectorial de Ecología del Estado de Guerrero.
- [13] Moreno, S. (2012). “La infraestructura para la confinación y tratamiento de los residuos sólidos urbanos”. *Reporte CESOP*. Núm. 51. pp. (12-19).
- [14] Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos de Guerrero 2009
- [15] Román Moguel G. J., Beltrán García, L., Mejía Ponce de León A. (2012). “El manejo sustentable de residuos en México”. *Análisis Estratégico para el Desarrollo: Cambio climático y políticas de desarrollo sustentable*. Vol. (14). Pp. (395-411).

[Indice](#)

III

Tratamiento – Valorización de Residuos

"El desafío de cara al futuro no es tanto regresar al pasado, que será imposible, sino recuperar muchas de las buenas prácticas del pasado modernizándolas".

Joaquín Nieto.

[Indice](#)



El Principio de Valorización a través de las Industrias Recicladoras

¹Norma Griselda Aguayo Moya y ²Gerardo Bernache Pérez*

¹ Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades,
Departamento de Geografía y Ordenación Territorial, Av. De los Maestros y Guanajuato,
Guadalajara, Jalisco 44260, (33) 38193381 norma.aguayo@csh.udg.mx

²Centro de Investigación en Estudios de Antropología Social (CIESAS Occidente). gerardo.bernache@gmail.com

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es analizar qué factores impulsan la creación y la consolidación de las industrias recicladoras, en particular de aquellas que procesan plásticos. Esto es importante en virtud de que las industrias son los agentes económicos que aseguran la reincorporación de los materiales de desechos a los procesos productivos. En este trabajo se identifican las principales características de este tipo de industria, así como los canales de compra de insumos y los procesos de producción. El estudio se caracteriza como una investigación descriptiva, de enfoque cualitativo y con cuatro estudios de caso. La obtención de datos se hizo a través de entrevistas semiestructuradas y de la observación directa en visitas a las instalaciones de las empresas seleccionadas. La muestra la constituyeron cuatro empresas recicladoras de plástico ubicadas en el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), estas industrias han tenido operaciones por periodos que van de los 10 a 40 años. En los resultados se encontró que hace falta un adecuado vínculo, ágil y sencillo, entre la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable (SEMADES) y las industrias recicladoras para mantener actualizada la información relacionada con el reciclaje de los residuos del lugar y para verificar la eficiencia ambiental de los procesos tecnológicos que se utilizan. Asimismo se observó que lo que estimula a estas empresas a continuar en el medio es la reducción en sus costos de producción al utilizar materia prima barata y accesible, así como por la tecnología local que han incorporado a sus procesos.

Palabras Clave: Área Metropolitana de Guadalajara, Aprovechamiento de residuos, Reciclado de plásticos.

1. INTRODUCCIÓN

En el estado de Jalisco el promedio diario de residuos sólidos urbanos (RSU) recolectados en 2012 fue alrededor de 7, 184 toneladas de los cuales 4,468 [1] toneladas fueron recolectadas en los ocho municipios que conforman el AMG, esto representa una concentración de residuos en la metrópoli de 62%. Un método de manejo de los residuos inorgánicos es el reciclaje. En Jalisco, se recicla un 7% de los RSU, lo que representa 503 toneladas por día [2]. En el AMG cerca del 15% del total de los residuos que se recolectan son plásticos, que para el 2010 sumaban unas 565.4 toneladas diarias [3].

De acuerdo con datos del INEGI para 2012, en Jalisco los 39 centros de acopio operados por administraciones municipales recolectaron diariamente una cantidad promedio de 27 toneladas de plástico de los cuales 17 son de PET [1].

Jalisco es uno de los estados que cuenta con procesos industriales de reciclaje para casi todos los materiales de desecho [4]. La historia del reciclaje en el estado se remonta a las primeras acciones aisladas de reciclaje en empresas que iniciaron hace seis décadas. La comercialización del desecho de plástico empezó hace poco más de veinte años [5].

El objetivo de este trabajo es analizar qué factores impulsan la creación y la consolidación de las industrias recicladoras, en particular de aquellas que procesan plásticos. Esto es importante en virtud de que las industrias son los agentes económicos que aseguran la reincorporación de los materiales de desechos a los procesos productivos.

2. METODOLOGÍA Y DESARROLLO

El estudio se caracteriza como una investigación descriptiva, de enfoque cualitativo y con cuatro estudios de caso constituidos por empresas recicladoras de plástico ubicadas en el AMG. La obtención de datos se hizo a través de entrevistas semiestructuradas con los responsables de las empresas y fue complementada con las visitas de observación realizadas en las instalaciones de las cuatro empresas. Las industrias que integraron al estudio fueron seleccionadas con base en el tamaño, antigüedad, volumen de residuos reciclado y producto fabricado. A continuación, en la Tabla 1, se muestran las cuatro empresas que con las que se desarrollaron los estudio de casos.

Tabla 1. Empresas que formaron la muestra

Nombre Industria Recicladora	Ubicación	Tamaño número de empleados	Antigüedad	Volumen de residuos t/mes	Producto fabricado
Eco Plástico	Zapopan	Mediana 51 a 250	1960	80 -300	Artículos de Jarciería (escobas, cepillos, recogedores y materias primas
Tecnoplástico	San Pedro Tlaquepaque	Pequeña 11 a 50	1999	50	Artículos para el sector alimentos y materias primas
Plásticos Modernos	San Pedro Tlaquepaque	Pequeña 11 a 50	2006	120- 130	Artículos de (tapas de alcantarillas, registros de descargas pluviales,
Poly Plásticos	Juanacatlán	Micro 0 a 10	2005		Artículos varios sobre pedido y maquinaria para procesar el plástico

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La separación de plásticos proveniente de los residuos sólidos urbanos para fines de reciclado inició a principios de la década de los noventa en el AMG. Anteriormente no existía mercado para este tipo de desecho, por lo tanto los pepenadores que trabajaban en los vertederos separaban papel, cartón, vidrio, orgánicos, entre otros materiales que eran comercializables, mientras que el plástico permanecía en los sitios de disposición final las empresas que fabrican artículos plástico no los utilizaban porque no estaban en las condiciones para llegar a sus plantas industriales [5] [6].

Las industrias refieren haber iniciado investigaciones y pruebas para industrializar el plástico y crear un producto final nuevo entre la décadas de los ochenta y principios de los noventa. De las cuatro industrias entrevistadas, dos de ellas trabajaron con plástico virgen en sus técnicas de producción y cambiaron a procesos de reciclaje después de evaluar la posibilidad de crear negocio a partir del reciclado, con la fabricación de productos de calidad, a bajo costo y asegurándose de la aceptación de los consumidores.

Algunas industrias recicladoras realizan los procesos que se requieren para generar su propia materia prima, sin intermediarios y así fabricar sus productos. Otras compran el material ya procesado a los comercializadores. A continuación se identifican las principales características de las cuatro industrias recicladoras de plástico entrevistadas, como el tipo de plástico utilizado, los canales de compra de insumos y los procesos de producción.



3.1 Eco Plástico

Bajo el lema “hacer cosas con menos recursos” el propietario diseñó la maquinaria para convertir el desecho de plástico a materia prima pues “no toleraba el desperdicio”, su experiencia en el reciclaje de plástico se remonta a más de 5 décadas, empezó a fabricar escobas y otros productos de jarciería hace más de 45 años. La empresa creció y más tarde pasó a manos del hijo que dio continuidad a la idea de su padre del aprovechamiento de residuos, consolidando sus productos con calidad y posicionando su marca.

Los residuos que utilizan son PET, polietileno de alta y baja densidad. Los proveedores de residuos son industrias, comercializadores pequeños y donaciones de grupos de colonos. Los consumidores de sus productos son nacionales principalmente del occidente y exportan también a Estados Unidos.

Realizan cuatro procesos: a) reciben los residuos a granel y realizan la separación de los mismos, b) convierten el residuos a materia prima a través de procesos como cortar, moler, lavar, y homogeneizar, c) industrializan el plástico para fabricar recogedores de basura, bases para escoba y filamento de diferentes densidades y tamaños utilizando el método de extrusión, y d) realizan el armado de las escobas y cepillos de diferentes tipos. La empresa también comercializa los productos intermedios como son: el filamento y la base de escoba que se venden a diferentes talleres que a su vez se dedican al armado de escobas y el filamento para barredoras industriales.

Las dificultades que enfrentan son los altos costos de energía eléctrica que obligan a disminuir la producción, así como los trámites complicados y falta de apoyo de la SEMADES a la cual se deben enviar reportes regulares sobre la cantidad de residuos que procesa.

3.2 Tecnoplástico

La empresa inició con la fabricación de tablas de plástico para corte de alimentos. Cambió a procesos de reciclaje cuando se abrió un mercado para ellos al presentarse la posibilidad de fabricar tarimas de plástico reciclado (2000) y tapas de hieleras industriales (2005) ambas para el sector alimentario, específicamente en los restaurantes y hoteles.

Se compra el residuo de polietileno de baja y alta densidad y PET a granel, se cuenta con un espacio para almacenar material, para los procesos de limpieza y compactado en hojuelas para preparar la materia prima, la cual también se comercializa. Sus canales de compra de residuos son directos, en la empresa se tiene un área de compra y recepción. Sus proveedores son recolectoras de servicio contratado, industrias, comercializadores pequeños, comercios y ciudadanos que voluntariamente realizan la separación de desechos en sus hogares. Se compra desde pocos kilos hasta toneladas.

El mayor obstáculo es conseguir el permiso para la compra de material de desecho. Así mismo los altos costos de energía eléctrica, que a últimas fechas afectan en el precio final de los productos y ha obligado a disminuir la producción, las máquinas trabajan al 50%. El reto de la empresa es que la Secretaría estatal ambiental agilice y facilite los trámites para obtener la licencia que tarda hasta 5 meses, lo que impide la compra de material a los proveedores registrados.

3.3 Plásticos Modernos

La empresa inició en el 2006, sin embargo desde 1994 ha trabajado en la investigación y desarrollo de la tecnología en el área del plástico desechado, adquirió método, técnica y visualizó los mercados potenciales de los productos que inicialmente fueron tarimas plásticas como sustituto de madera. Después incursionó en la fabricación de la línea de productos relacionados con los sistemas complementarios para el drenaje y alcantarillado proponiendo un sustituto de fierro fundido. Sus productos cuentan con certificado de calidad a partir de una norma de fabricación que proviene de Estados Unidos, actualmente participa en grupos de trabajo para el desarrollo de una norma técnica mexicana.



La empresa no compra residuos sino materia prima, es decir desechos procesados de polietileno de baja densidad y alta densidad de manera separada sin lavar y sin revolver con otro tipo de plástico, el primero lo compra compactado en hojuelas y el segundo lo requiere molido. Sus ocho proveedores son comercializadores que procesan el plástico, entregan la materia prima en costales o jumbos directamente en la empresa que cuenta con capacidad suficiente en su almacén.

El proceso es manual en un 60%, se utiliza la extrusión, moldeo con resistencias calientes y enfriamiento con agua que se cambia cada 6 meses y se lleva a una planta de tratamiento. Los consumidores son organismos operadores de agua potable y alcantarillado, constructoras, nacionales en un 70% y el resto se exporta a Centro América y Sudamérica.

3.4 Polyplásticos

El fundador de la empresa inició la investigación del procesamiento de plástico desechado desde la década de los ochenta. Desarrolló una máquina y un proceso ya patentado para transformar el plástico número 7 y otros plásticos, sin lavar y sin separarlos por tipos. Su lema es que “Todos los plásticos son compatibles”. La empresa familiar abrió al mercado en 2004. Fabrica una amplia variedad de productos, asimismo y también tiene a la venta la maquinaria para el reciclaje de plástico.

La empresa consigue los desechos de manera gratuita pero invierte en transportarlos a su planta, mediante un convenio con el generador, sea la industria, un particular o un relleno sanitario. Requiere permiso para transportar los residuos a su planta.

En la planta se realizan dos procesos: a) transformación del residuo a materia prima con maquinaria que lo fragmenta en trozos pequeños de 25 mm; y b) industrialización del plástico a través de la fundición de la materia prima mediante la aplicación de calor (a partir de aceite caliente utilizando gas LP) y aplicación de fuerza mecánica. En el proceso se llenan los moldes, se enfrían y desmoldan.

El reto de la empresa es la fabricación de ciertos productos para atacar a un nicho de mercado así como la automatización del proceso que es artesanal. Por otro lado, busca la apertura de las autoridades con apoyos e incentivos ya sea para conseguir residuos o para consumir productos elaborados con material de desecho. Así la responsabilidad es compartida para contribuir con el manejo de los RSU dando un destino final adecuado.

3.5 Las empresas recicladoras buscan su subsistencia

Se observó que lo que estimula a estas empresas es la reducción en sus costos de producción al utilizar materia prima barata y accesible, así como la tecnología local que han incorporado a sus procesos, como toda lógica de empresa se buscan los ingresos. Los entrevistados expresan un espíritu ecologista, pero enfatizan que son pocos los consumidores que aprecian la labor ecológica.

Las industrias recicladoras deben buscar su subsistencia. El avance es lento, sufren por sacar adelante una empresa, para lo cual requieren apoyos del sector gobierno: en fuentes de financiamiento, en capacitación, y en difusión. También demandan apertura para que las autoridades compren productos elaborados con material de desecho y así transmitir confianza al sector industrial y a los ciudadanos.

En los resultados se encontró que ciertamente el material aprovechado es más barato que el virgen pero hay otros elementos que hacen que el proceso de producción no sea tan económico en algunos productos que incrementan el precio de venta final: se requiere mayor número de empleados, se utiliza más energía eléctrica (la tarifa se ha elevado) y también se invierte en darle un acabado al producto para que mejore su apariencia y terminado.

Aunado a lo anterior, los precios de los desechos de plástico son variables, responden a una combinación de varios componentes que tienen que ver con el mercado, es decir la oferta y la demanda. Algunas condiciones que afectan los precios son: la temporada de lluvias que reduce el flujo de desechos; el alza del precio del petróleo, el volumen de



compra, y el valor agregado que se aplique al material. Además están otras negociaciones que se establecen con el proveedor en cuanto al transporte de material.

Las empresas recicladoras que compran desechos a granel no tienen un vínculo adecuado con la SEMADES la cual no expide de manera ágil y sencilla la licencia para reciclar. Uno de los entrevistados comenta: “Es mucha burocracia para las industrias que hacen una labor benéfica al regresar los desechos al ciclo productivo”. Reconocen que también se deben agilizar los trámites que hacen los comercializadores para conseguir su permiso a fin de que la materia prima siga su proceso y llegue a tiempo y no suba su precio por la escasez.

Aún con los obstáculos que enfrentan para aumentar su producción y ganancias, estas industrias se adaptan como cualquier empresa para continuar operando encontrando fortaleza en aspectos concretos y abstractos que no tienen que ver con el mercado, como la experiencia y la tradición de su trabajo, la “escuela” en procesado de plástico, el proceso y su maquinaria patentada, ofrecer fuentes de empleo, lo que para ellos no se puede abandonar fácilmente.

4. CONCLUSIONES

El factor principal, hasta ahora, del crecimiento de la industria del reciclaje de plásticos en el AMG ha sido el económico, es decir las ganancias que se pueden obtener al procesar una materia prima barata (material plástico procedente de los RSU). El personal directivo de las empresas tiene motivaciones económicas y también ambientales. Pero la cultura ambiental en la ciudad no ha sido un factor de impulso al consumo selectivo de productos y mercancías manufacturadas con materiales provenientes de la corriente de residuos sólidos urbanos.

Las industrias recicladoras son proyectos ecológicos y económicos que requieren el apoyo de las autoridades para consolidar el aprovechamiento de los RSU. El entorno en que trabaja esta industria del reciclaje de plásticos es difícil, tanto por la variabilidad de precios de los insumos y los costos altos de la energía eléctrica, como por la excesiva regulación burocrática de sus actividades, así como por la indiferencia de la sociedad que no ha llegado a reconocer el valor del consumo verde. El desafío para las industrias recicladoras es empatar la labor ecológica de aprovechamiento de los desechos con la subsistencia económica de las mismas.

La industria del reciclaje tiene un buen potencial para hacer crecer los montos de producto procesado. Dos acciones serían importantes para impulsar tal crecimiento en el estado de Jalisco y en el AMG. En primer lugar están los Programas Municipales para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos que requieren un manejo sustentable de los RSU y que impulsan la separación y reciclaje. En segundo lugar está la Norma Ambiental Estatal NAE-SEMADES 007-08 de separación de residuos publicada en el año 2008 y que requiere que los usuarios y los recolectores separen los residuos desde la fuente. La aplicación de esta norma es importante para aumentar la separación, el acopio y el flujo de materiales para la industria del reciclaje.

Los industriales del reciclado del plástico en el AMG señalan que no reciben apoyos, facilidades o beneficios por parte de las autoridades municipales, estatales o federales en materia ambiental. Más bien les parece que la relación con las autoridades es tensa y basada en la supervisión constante. Se advierte que la comunicación de las industrias recicladoras con las autoridades encargadas de regular esta actividad, que en teoría debería ser sistemática, se torna complicada. Este es un punto que requiere cambiar y mejorar para que puedan darse condiciones más propicias para el impulso y el desarrollo de la industria del reciclaje del plástico.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2014. (24 de mayo de 2014).
<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=21385>
- [2] Bernache Pérez, G. 2011. *Cando la basura nos alcance. El impacto de la degradación ambiental*. Segunda ed. 2011. Publicaciones de la Casa Chata. Guadalajara. 565 páginas.
- [3] Secretaria de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable [SEMADES]. 2010. Estudios Complementarios para el Diagnóstico y Prospección de las Políticas Públicas a Largo Plazo en la Zona Metropolitana y Conurbada de Guadalajara, en Materia de Residuos. Guadalajara: Gobierno del Estado de Jalisco.
- [4] Correa, C., SEMADET, 9 de abril de 2012. *Comunicación personal*.
- [5] Reynoso, R. 9 de abril de 2012. *Comunicación personal*
- [6] Aguayo Moya, N. G. 2012. *Reciclaje de residuos en el AMG y su impacto en la sustentabilidad ambiental*. Tesis de Maestría. Universidad de Guadalajara. pp. 223

[Indice](#)



Comparación de la capacidad de Bioadsorción de la Cáscara de Naranja Fresca y Seca

¹Angélica Arenas Mitre, ¹Germán de los Santos Bañuelos, ¹Víctor Lavara Barragán, ¹José Carlos Onofre Piedras, ¹Brandon Poblano Colotl, ¹Vicente Chino Montiel

¹Laboratorio de Análisis Ambientales, Carrera de Química, Área Tecnología Ambiental, Universidad Tecnológica de Puebla, Antiguo Camino a la Resurrección No. 1002-A Zona Industrial Puebla, Pue. angelica.arenas@utpuebla.edu.mx

RESUMEN

La industria de la rama alimenticia genera gran cantidad de residuos orgánicos, cuyo destino es, en su mayoría; las calles, tiraderos a cielo abierto y en el mejor de los casos, los rellenos sanitarios. Entre los residuos orgánicos se encuentran las cáscaras de los cítricos que contienen pectina, ésta es una sustancia capaz de adsorber colorantes sintéticos, lo que podría ayudar a la industria textil, dado que ésta genera grandes cantidades de aguas residuales con colorantes tóxicos, para lo cual se usan materiales como el carbón activado. Sin embargo, la mayoría de los colorantes sintéticos pueden ser adsorbidos fácilmente por la cascara de naranja, ya que se comporta como gel en grandes dosis. Diversas publicaciones científicas indican que la cáscara de naranja seca contiene mayor porcentaje de pectina, por lo que se esperaría que ésta adsorbiera una mayor cantidad de colorante textil. El objetivo es comparar, a nivel laboratorio, la capacidad de adsorción de la cáscara de naranja, fresca y seca, para lo cual se llevaron a cabo diferentes pruebas, siendo las variantes, tamaño de partícula y concentración del adsorbato a temperatura ambiente. Los resultados indican una turbidez mayor en la cáscara seca, que en la cáscara fresca, con tamaño de partícula de 3.3 mm, lo que significa que la cáscara fresca adsorbe más eficientemente el colorante textil.

Palabras Clave: Adsorción, Naranja, Pectina, Residuos, Turbidez.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la Presa Manuel Ávila Camacho (Valsequillo), ubicada al Sur del Municipio de Puebla, recibe 126.5 ton de contaminantes que provienen de los ríos Atoyac, Zahuapan, San Francisco y Alseseca, de las cuales, 69 corresponden al Río Atoyac, 8 al Río Zahuapan, 21.5 al Río San Francisco, y 26 al Río Alseseca [1]. Entre los giros industriales que descargan sus aguas a los afluentes de estos ríos está el Textil, el cual es químicamente intensivo, utilizando una cantidad de diferentes productos químicos para todo, desde la tintura de los tejidos, hasta las impresiones y los acabados. Las aguas residuales de estos procesos, a menudo, son tóxicas y contaminan vías fluviales importantes [2]. En general, las moléculas de los colorantes utilizados son de estructuras muy variadas y complejas. La mayoría de ellos son de origen sintético, muy solubles en agua, altamente resistentes a la acción de agentes químicos y poco biodegradables. Alrededor del 60 % de los colorantes en uso en la industria textil actual son colorantes reactivos, que se caracterizan por formar una unión éter con la fibra, lo que garantiza una mayor duración del color en el tejido. Sus estructuras frecuentemente contienen grupos azo, antraquinona o ftalocianina [3]. Entre los medios tradicionales para tratar estas aguas se encuentra la adsorción con carbón activado, sin embargo, dichos procesos incurren en gastos de operación y mantenimiento que la mayoría de las pequeñas industrias no pueden absorber. Debido a esto, la biosorción surge como un proceso alternativo, económico y con impacto ambiental aceptable [4]. Por otro lado, los centros de investigación científica se han dado a la tarea de investigar las características químicas de una gran cantidad de residuos para ser aplicados para el tratamiento de las aguas residuales. La capacidad de adsorción de los cítricos se debe a que cuenta en su estructura molecular con un compuesto químico llamado pectina, formada por una mezcla de polisacáridos que presentan principalmente unidades de ácido

galacturónico en su estructura y se encuentra formando parte de su pared celular [5]. Algunas variables que influyen en la adsorción son: la relación adsorbente/disolución, el tamaño de partícula y el pH. Uno de los residuos de mayor interés para la obtención de pectina es la cáscara de naranja fresca que contiene entre 1.5% y 3% de pectina y seca pueden dar de 9 a 18% [6]. La cantidad y calidad de la pectina en la cáscara de naranja varía significativamente de acuerdo a su proceso de extracción. Así algunos autores indican que la degradación de la pectina se acelera a temperaturas mayores a 40°C y pH ácido [6] y otros indican que es a temperaturas mayores a 80°C [4]. El objetivo del presente trabajo es determinar la capacidad de adsorción de la cáscara fresca y seca de un colorante textil (anilina), variando el tamaño de partícula y la temperatura de secado. Los resultados indican que no hay una variación significativa entre las muestras fresca y seca utilizadas mientras se mantenga constante el tamaño de partícula. Sin embargo, sí se observa una gran diferencia cuando se varía el tamaño de partícula. Independientemente de las variables analizadas, la cáscara de naranja fresca mostró en todas las pruebas mayor capacidad de adsorción que la seca. Las siguientes variables a modificar son pH, temperatura de la solución textil y tipo de colorante.

2. METODOLOGÍA

2.1 Preparación de la cáscara de naranja

La naranja Valencia se adquiere en la Central de Abastos de la ciudad de Puebla, cuyo origen es el Municipio de Martínez de la Torre, Veracruz. La naranja se lava con agua de la llave y se pela con un cuchillo de acero inoxidable. La cáscara se enjuaga con agua destilada y se deja escurrir por 24 horas. Se pesa 1 gr de la muestra y se coloca en una balanza térmica para obtener el porcentaje de humedad. El resto de la muestra se divide en 2 secciones: sección A (SA) y sección B (SB)

La SA se corta hasta lograr una mezcla homogénea de aproximadamente 5 mm de diámetro, se lava con un poco de agua destilada y se divide en subsección A1 (SA1) y subsección A2 (SA2). La SA1 se pesa y se coloca en un horno a 105°C hasta obtener un peso constante. La SA2 se lava con agua destilada, se deja escurrir hasta obtener un peso constante y se almacena a una temperatura de 4°C (Figura 1).



Figura 1. Cáscara de naranja fresca y seca con diámetro promedio de 5 mm

La SB de la cáscara se muele hasta lograr una mezcla homogénea que pase por un tamiz de 3.3 mm, se lava con un poco de agua destilada y se lleva a cabo el mismo procedimiento que la SA para obtener SB1 (cáscara seca de 3.3 mm de diámetro) y SB2 (cáscara fresca de 3.3 mm de diámetro) (Figura 2).



Figura 2. Cáscara de naranja fresca y seca de diámetro promedio de 3.3 mm

2.2. Preparación del colorante

El colorante utilizado es anilina en polvo para ropa. Se prepara una solución de 500 ml al 1% de anilina con un pH de 4.5 y temperatura ambiente.

2.3 Columnas de adsorción (buretas)

Se preparan 2 buretas, en la primera se introduce 6.7 gr de la muestra SA1 y en la segunda bureta 1gr de la muestra SA2. Se vierte en cada una de ellas 5 ml. de la solución de anilina al 1 % y se abre la llave de la bureta. Se toma el tiempo en que fluye la solución de anilina a través de la columna empaquetada con las cáscaras. Toda vez que ya no haya solución de anilina en la superficie de la columna, se empieza a agregar poco a poco 10 ml. de agua destilada sobre las paredes de la bureta. Esta técnica se realiza por triplicado y se repite para la SB (figura 3). Se procede de la misma manera con concentraciones de 10 ml, 15 ml, y 20 ml.



Figura 3. Columnas de adsorción (buretas) empaquetadas con cáscaras de naranja fresca y seca

2.4 Turbidez

Al filtrado de cada bureta se le mide su grado de turbidez, utilizando un turbidímetro HACH 2100Q y 2100 Q1s y se compara con la turbidez inicial de la solución (figura 4).



Figura 4. Muestra testigo y resultado de la filtración de la cáscara seca y fresca a 10 ml

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En todos los filtrados la cáscara fresca mostró mayor capacidad de adsorción. Así mismo, en cuanto a tamaño de partícula, la cáscara de menor tamaño (3.3 mm), evidenció una mayor adsorción, tal y como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Valores de turbidez de la cáscara de naranja (NTU)

Volumen de colorante	CASCARA SECA	CASCARA FRESCA	CASCARA SECA	CASCARA FRESCA
	SA1	SA2	SB1	SB2
	DIÁMETRO 5 MM		DIÁMETRO 3.3 MM	
5 ml	42.1	40.3	16.4	14.7
10 ml	44.1	42.9	18.3	15.5
15 ml	55.6	45.6	18.9	16
20 ml	64.5	53.2	20	18.1

La figura 5 muestra cómo al aumentar el volumen de la anilina aumenta la turbidez. Sin embargo al disminuir el tamaño de partícula disminuye la turbidez en el filtrado.

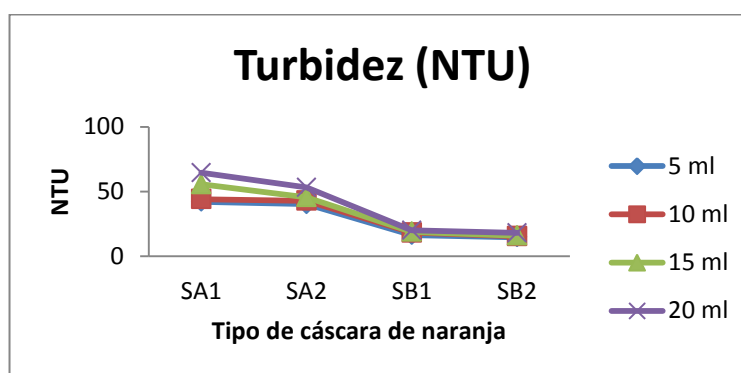


Figura 5. Nivel de turbidez por volumen de muestra

En la figura 6 se aprecia que no hay mucha diferencia de adsorción entre la cáscara de naranja fresca y seca, siempre y cuando permanezca constante el tamaño de partícula.

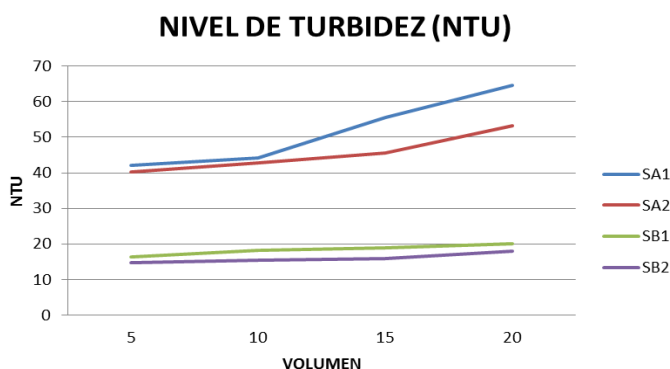


Figura 6. Nivel de turbidez por tamaño de partícula

4. CONCLUSIONES

No obstante que diversas publicaciones científicas indican que la cáscara de naranja seca contiene mayor porcentaje de pectina, los resultados muestran que la cáscara de este fruto tiene mayor capacidad de adsorción fresca que seca, debido entre otros factores a que la cáscara seca tiene menor superficie de adsorción y desprende carotenos en contacto con el agua, lo que hace suponer que los carotenos son arrastrados durante el filtrado y a eso se deba que se observe una mayor turbidez en este estado. Sin embargo, la diferencia de adsorción con un mismo tamaño de partícula no es significativa, lo que puede permitir que la cáscara de este fruto sea aprovechada tanto seca como fresca, aumentando aún más su potencial.

Se seguirán llevando a cabo experimentos con otras variables como temperatura, pH y tipo de colorante, dado que las características del agua residual de las industrias textiles son considerablemente variables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Méndez, P. (2 de 1 de 2014). Al día, Presa de Valsequillo recibe 126.5 ton de contaminantes. *Periódico Digital de Noticias en Puebla*. <http://e-consulta.com/nota/2014-01-02/ecologia/al-dia-presa-de-valsequillo-recibe-1265-ton-de-contaminantes>
- [2] Green Peace. (19 de 10 de 2012). *Las once sustancias químicas a eliminar de la industria textil*. Obtenido de www.greenpeace.org/mexico/es/Las-once-sustancias-quimicas-a-eliminar
- [3] Mansilla, H. D., Lizama, C., Gutarra, A., & Rodríguez, J. (2001). *Tratamiento de residuos líquidos de la industria de celulosa y textil*. Eliminación de contaminantes por fotocátalisis heterogénea, pp. 60-84.
- [4] Rodríguez, M. V., Vargas, D. C., Marrufo, M. G., & Benetton, X. D. (2009). Evaluación del proceso de biosorción con cáscaras de naranja para la eliminación del colorante comercial Lanazol Navy CE en aguas residuales de la industria textil. *Ingeniería*, 13(3), pp.39-43.
- [5] Cerón Salazar I., C. A. (2010). *Evaluación del proceso integral para la obtención de aceite esencial y pectina a partir de cáscara de naranja*. file:///C:/Users/UTP-35/Downloads/Dialnet-EvaluacionDelProcesoIntegralParaLaObtencionDeAceit-3912862.
- [6] García Villegas, V. R., Yipmantin Ojeda, A. G., Guzmán Lezama, E. G., Pumachagua Huertas, R., & Maldonado García, H. J. (2011). Estudio de la cinética de biosorción de iones plomo en pectina reticulada proveniente de cáscaras de cítricos. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 77(3), pp. 173-181.

[Índice](#)



Diseño de Rizotrones para el estudio de Suelos Contaminados con Residuos

¹Alejandro Ávila Tlatelpa*, ¹Luisa Fernanda Delgado Ramírez, ¹María Fernanda García Valtierra, ¹Fernando Shultz Morales, ¹Margarita Beltrán Villavicencio, ¹Alethia Vázquez Morillas

¹Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco.

Av. San Pablo No 180, Col. Reynosa Tamaulipas, Azcapotzalco, México, D.F. C.P. 02200 Tel: 5318907

*correo: aavilatllp@gmail.com

RESUMEN

Los residuos pueden entrar en contacto con el suelo por la mala disposición de residuos. En esas condiciones, la lluvia y los cambios en el pH producidos por la degradación de la materia orgánica pueden provocar lixiviación de contaminantes, susceptibles de ser asimilados y acumulados en el tejido vegetal, con el riesgo de incorporarse a la cadena trófica. En este sentido, un rizotrón es una herramienta que permite estudiar de forma sistemática un perfil de suelo contaminado. El objetivo de este estudio fue el diseño y la construcción de dos tipos de rizotrones: a) uno fabricado de polietileno de alta densidad reciclado (HDPE, por sus siglas en inglés) para estudios que involucran aproximadamente 5 kg de suelo y plantas con una generación de biomasa alta, y b) otro fabricado tanto de vidrio como de HPDE reciclado, con capacidad de aproximadamente 300 g de suelo, para estudios en periodos cortos y una tasa de crecimiento vegetal baja. Se analizaron las actividades que se desarrollan para el análisis de suelos incluyendo la necesidad específica de evitar la lixiviación y la posibilidad de medir el crecimiento de raíces. Posteriormente se realizaron y evaluaron las propuestas de diseño. Finalmente se seleccionaron materiales reciclados para su construcción. Se realizaron los planos en Autocad e Inventor, para la realización de los modelos físicos se hizo un termoformado en plástico y vidrio reciclado. Con estos rizotrones es factible el muestreo de raíces, de suelo rizosférico y de microorganismos sin alterar el desarrollo vegetal. El diseño es resultado de la colaboración interdisciplinaria entre las áreas de diseño industrial y las ciencias ambientales.

Palabras Clave: *Especies vegetales, Muestreo, Raíz, Residuos, Rizósfera.*

1. INTRODUCCIÓN

Los sitios de disposición final (SDF) de residuos han cobrado gran importancia debido principalmente a los problemas de contaminación ambiental y a los riesgos que derivan de los mismos. Los tipos más comunes de SDF son los rellenos sanitarios y los tiraderos a cielo abierto. En 2012 se generaron en México 102,895 Ton/día de residuos sólidos urbanos, el 60.54% se dispuso en rellenos sanitarios y sitios controlados, el 15.93% en tiraderos a cielo abierto, el 9.63% se recicló y el resto se desconoce [1].

Los compuestos provenientes de los residuos sólidos que entran en contacto con los suelos pueden ser relativamente inertes e inofensivos, pero existe un gran número de ellos que pueden causar serios daños a los seres vivos (micro y macro organismos, así como plantas) presentes en el suelo, aún en pequeñas concentraciones. Estos compuestos tóxicos pueden romper el equilibrio bioquímico del suelo.

Por lo general, cuando el agua entra en contacto con los residuos sólidos depositados en un SDF se produce una solución que se denomina lixiviado, que se genera por el agua de lluvia, el agua que se mueve horizontal al suelo, el contacto con aguas subterráneas o el derrame de líquidos en los residuos. Este lixiviado es rico en elementos contaminantes que al desplazarse verticalmente llegan al subsuelo. La composición de un lixiviado producido en un SDF puede ser muy compleja, aunque existen características químicas más o menos comunes en este tipo de instalaciones [2]: hidrocarburos solubles, nitrógeno orgánico y amoniacal, presencia de metales pesados como cadmio, níquel, zinc, plomo y salinidad elevada.

Cuando los lixiviados se incorporan al suelo afectan la presencia de lombrices y microorganismos, las características fisicoquímicas del medio, y la capacidad del mismo para servir como sustrato para el crecimiento vegetal, pues alteran la biogeoquímica del suelo al regular la descomposición de materia orgánica y la liberación de nutrientes. Cuando hay presencia de especies vegetales, los metales pueden ser asimilados y acumulados en el tejido vegetal con el riesgo de incorporarse a la cadena trófica cuando son consumidas por mamíferos y fauna silvestre. Una forma de evaluar las afectaciones ocasionadas a los suelos es estudiar los organismos que viven en ellos; las plantas, las lombrices y los microorganismos son bioindicadores de contaminación [3].

El estudio de los efectos de los suelos contaminados en las especies que se desarrollan en ellos puede realizarse por medio de un rizotrón. Este instrumento permite el análisis de un perfil de suelo contaminado con residuos con la presencia de plantas y evaluar la distribución radical. Permite además medir la generación de biomasa tanto de raíz como de la parte aérea de las especies vegetales estudiadas (Figura 1).

Los rizotrones pueden tener diferentes diseños con base en las características del estudio que se desea realizar, la disponibilidad de suelo y de presupuesto. Zacarías y colaboradores (2012), realizaron estudios *ex situ* de asimilación de metales pesados en una mezcla de pastos que crece en suelos contaminados con Ni, Cu y As. Para tal efecto construyeron rizotrones con tubos de PCV cortados a la mitad y cubiertos con una placa de acrílico transparente reticulada para la medición de raíces. Los rizotrones contenían 5 kg de suelo, se colocaron a 30° de inclinación en un invernadero durante 4 meses, con pruebas destructivas para determinar longitud de raíz, parte aérea y muestras de suelo rizosférico [5].

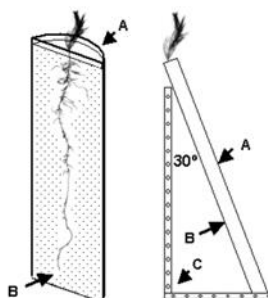


Figura 1. Ejemplo de rizotrón y su disposición para conseguir el crecimiento de la raíz aplicado a la lámina transparente (B). El contenedor se completa con una parte opaca (A) y un soporte (C) [4].

Se han realizado estudios para evaluar la factibilidad de aplicación de especies vegetales en procesos de fitorrestauración de suelos contaminados, se han probado especies como el ficus, el helecho, la ipomea, el pasto y la capuchina/mastuerzo. Para estos estudios se usan rizotrones con suelos contaminados y se evalúa el % de inhibición en el crecimiento vegetal respecto a un testigo sin contaminar. Con la aplicación de rizotrones es posible muestrear biomasa de raíz, parte aérea y suelo rizosférico para determinar índices de acumulación de metales pesado en diferentes partes de la planta y evaluar el potencial de la planta para asimilar metales pesados [6]-[8]. El objetivo de este trabajo es aplicar el modelo de Diseño Industrial de la UAM-A a la concepción y construcción de dos rizotrones de volúmenes diferentes, a partir de un proceso colaborativo entre las disciplinas de Ingeniería Ambiental y Diseño Industrial.

2. METODOLOGÍA

El diseño de los rizotrones se fundamentó en el modelo de la carrera de Diseño Industrial en la UAM-A, el cual consiste en retomar la realidad de necesidades humanas para cumplir prácticas sociales, esto quiere decir que el objeto contiene



argumentos sociales y económicos para su existencia, además de ser destinado a ser producido y usado. El proceso planteado en este modelo de diseño es el siguiente:

Caso – Problema – Hipótesis – Proyecto – Realización

En la primera fase del modelo, se comenzó observando la práctica social para posteriormente generar un análisis de actividades donde se identifica la demanda y necesidad de productos o sistemas. En este caso, para analizar el objetivo y funciones que debe cumplir un rizotrón, se definieron conceptos y se diagnosticó el fenómeno delimitando la problemática, realizando un análisis de actividades que se generan con el estudio de suelos contaminados. De esta forma se lograron detectar las necesidades requeridas para hacer eficiente el estudio de análisis de fitotoxicidad.

Posteriormente, con base en el análisis realizado, se realizaron varias propuestas para evitar posibles problemas en el manejo de los rizotrones tales como la lixiviación, el desmolde del suelo al término de la experimentación y la falta de visualización de la raíz. Finalmente se evaluó cada propuesta considerando la función, el uso y la estética, a través de una matriz en la que se asignó una calificación numérica (de 1 a 5) a cada uno de estos parámetros. A partir del mayor puntaje obtenido se seleccionó el modelo, que fue construido con materiales reciclados con el fin de disminuir su impacto ambiental.

3 RESULTADOS

El análisis del caso permitió identificar las distintas etapas y actividades que conlleva el estudio de la fitotoxicidad mediante el empleo de rizotrones (Figura 2).

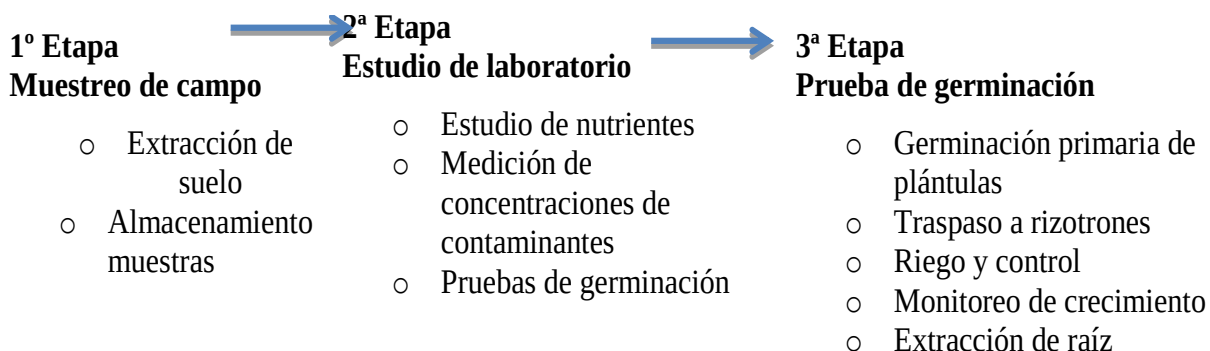


Figura 2. Etapas de los análisis de fitotoxicidad identificadas en el análisis de las actividades

A partir de este análisis, así como de la detección de las problemáticas experimentales que se tenían al realizar este tipo de pruebas, se elaboró un conjunto de tres propuestas preliminares, que se muestran en la Figura 3.

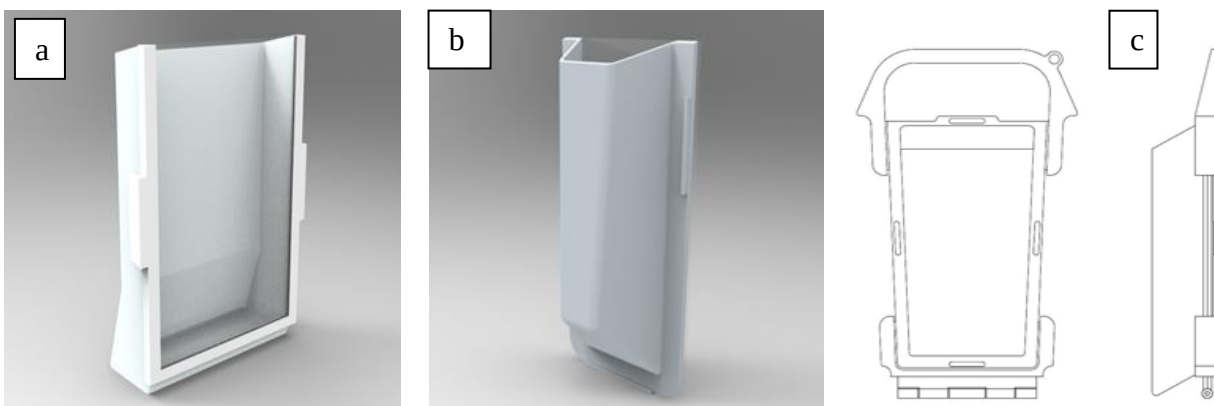


Figura 3. Propuestas de diseño; (a) Resuelve la inclinación y visualización de raíces, (b) Se enfoca en la facilidad de desmolde evitando la pérdida de muestra, (c) Innovación en forma de agarre y forma de cerrado.

La comparación de estos tres modelos preliminares se realizó en forma cuantitativa, evaluando el grado en que cumplían con los distintos requisitos de funcionalidad, uso y estética establecidos por los usuarios. Los resultados se muestran en la Tabla 1. Con ello se definió que el segundo modelo (B) era el que cubría en mayor medida las necesidades de las investigaciones realizadas en rizotrones.

Tabla 1. Evaluación de propuestas de diseño de los Rizotrones

Propuestas de diseño	(a)	(b)	(c)
Función			
Hermético (evitar la fuga de líquidos)	4	3	5
Inclinación de raíz 30°	4	4	4
Desmontaje de raíz	4	5	2
Visualización de raíz	5	5	5
Uso			
Montaje en la base	4	4	4
Almacenamiento de raíz en la parte inferior	4	3	2
Estética			
Integración de base al rizotróon	3	3	3
Integración a los sujetadores	2	4	3
Total	30	31	30

*Donde: 1=pésimo, 2=malo, 3=regular, 4=bueno, 5=excelente

Los prototipos finales (Figura 4), se construyeron con materiales reciclables (HDPE y vidrio). El diseño usado en ambos casos, que se distinguen principalmente por su volumen, es más eficiente para el muestreo de raíces, evita la pérdida del material de estudio, facilita el desmolde debido a su forma, mejora la condición de la raíz ampliando el área de visibilidad además de bloquear el paso de luz, evitar la pérdida de lixiviados. Su base permite ajustar la inclinación a 30° y 90° para visualizar la raíz.

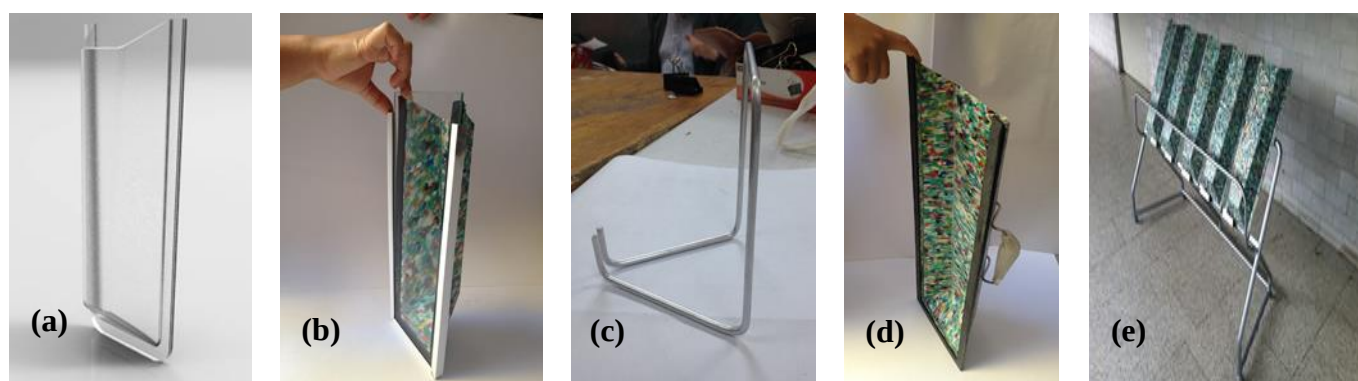


Figura 4. Diseño final; (a) Rizotrón de vidrio reciclado de ventana (capacidad 300 g), (b) Rizotrón de HDPE reciclado (capacidad 5 kg), tapa de vidrio y carcasa, (c) Base para rizotrón mejora la inclinación y manejo de visualización, (d) Rizotrón (capacidad 5 kg), cuenta con agarraderas para facilitar el manejo, (e) Base para rizotrón de 5 kg, mejora la visualización y el manejo de la inclinación.

4. CONCLUSIONES

Gracias a la interacción entre las disciplinas de Ingeniería Ambiental y Diseño Industrial se logró colaborar en la práctica social aportando un sistema de objetos para optimizar los estudios de suelos contaminados con residuos sólidos.

El aporte de este diseño es la facilidad de manejo del rizotrón, el mejoramiento en la condición de la raíz, la aplicación de materiales reciclados; por lo tanto se produjo un instrumento factible para el análisis de suelos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo recibido por parte de la División de Ciencias y Artes para el Diseño, al Departamento de Medio Ambiente CyAD y al Área de Tecnologías Sustentables del Depto. de Energía CBI, UAM-A.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SEMARNAT-INEEC, (2012), Diagnóstico Básico para la gestión integral de los residuos.
- [2] Gutiérrez, M. E., (1997). Curso Latinoamericano de Residuos Sólidos y Peligrosos (Módulo II Control de Residuos Peligrosos). Implicaciones de la contaminación del suelo por residuos y enfoques preventivos. INE, SEMARNAT. México.
- [3] Beltrán, V. M., (2003). Fitoextracción en suelos contaminados con cadmio y zinc usando especies vegetales comestibles. Tesis de la maestría en Ciencias e Ingeniería Ambientales, UAM-Azcapotzalco



- [4] Climent1 J., Alonso J., Gil L., (2004), Arquitectura del sistema radical en dos procedencias de *pinus canariensis*. Sociedad Española de Ciencias Forestales, CIFOR-INIA, Centro de Investigación Forestal, Cuadernos SEFC, Madrid, España.
- [5] Zacarías S. M., Beltrán V. M., Torres B. L. G., González A. A., (2012), Assessment of *in situ* and *ex situ* phytorestoration with grass mixtures in soils polluted with nickel, copper, and arsenic. *Physics and Chemistry of the Earth* 37–39, 52–57.
- [6] Zacarías S. M., Beltrán V. M., Torres B. L. G., González A. A., (2012), A feasibility study of perennial/annual plant species to restore soils contaminated with heavy metals. *Physics and Chemistry of the Earth Parts A/B/C*, 37–39, 37–42.
- [7] Mattina M. J. I., Iannucci-Berger W., Eitzer B.D., White J.C., (2004), Rhizotron study of Cucurbitaceae: transport of soil-bound chlordane and heavy metal contaminants differs with genera. *Environ. Chem.*, 1, 86–89.
- [8] Leight M. B., Fletcher J. S., Xiong F., Schmitz F. J., (2002), Root Turnover: An Important Source of Microbial Substrates in Rhizosphere Remediation of Recalcitrant Contaminants, *Environ. Sci. Technol.* 36, 1579-158.

[Indice](#)



Elaboración de Impermeabilizante a Base de Unicel

¹María Guadalupe Martín del Campo Sánchez, ¹Victoria Flores Flores, ¹Dan Oswaldo Bernáldez Martínez, ¹Guillermina Gómez Beltrán, ¹Carina Hernández Silva, ¹Hichel Elitania Romero Reyes

¹Universidad Tecnológica del Valle de Toluca, Carretera del Departamento del D.F. km 7.5, Santa María Atarasquillo, Lerma,

México. C.P. 52044. Tel. 7282859552 ext. 223. romantica_dan@hotmail.com

RESUMEN

El poliestireno expandido (PS), mejor conocido como unicel, es un polímero termoplástico que se obtiene de la polimerización del estireno, su degradación es prolongada y a la par de motivar la reducción de su uso, es importante desarrollar proyectos que disminuyan el impacto que este genera al ser desechado. En el presente proyecto se elaboró un impermeabilizante con la mezcla de unicel de reusó y diferentes solventes (thinner, acetato de etilo y acetona), para producir un producto eficiente y accesible para los consumidores. Se evaluó la calidad de las diferentes mezclas establecidas y se determinó cuál de ellas presentaba mejores características de acuerdo a los parámetros establecidos por la PROFECO. Los estudios de calidad realizados fueron: viscosidad, permeabilidad, absorción de agua, acabado y adherencia. Los resultados obtenidos muestran características similares en cuanto a estudios de calidad realizados, destacando una de excelente a buena la prueba de permeabilidad, no así la prueba de adherencia donde los resultados fueron de regulares a buenos. Sin embargo, existen diferencias en cuanto a costos, siendo la mezcla con thinner la de mejor competitividad.

Palabras clave: *Poliestireno, Residuos, Reusó, Solventes.*

1. INTRODUCCIÓN

La búsqueda de una mejor calidad de vida ha aumentado la demanda de bienes y servicios que logran satisfacer las exigencias del consumidor. Materiales como el poliestireno expandido (EPS) tienen un constante incremento en las últimas décadas. El EPS, mejor conocido como Unicel, es el material plástico celular y rígido fabricado a partir del modelo de perlas pre expandidas de poliestireno expandible, que se presenta con una estructura celular cerrada y llena de aire y es utilizado en prácticamente todos los sectores de la actividad humana; sus características permiten fabricar productos ligeros de alta protección además de ser utilizado como material aligerante y relleno en obras civiles. En función de la aplicación de sus densidades, los productos y artículos terminados con EPS son sumamente ligeros y muy resistentes.

La utilización del EPS ha generado que los vertederos sean sitios de disposición final de estos residuos y al ser un material no biodegradable, la naturaleza sólo puede dividir su estructura en moléculas mínimas, pero sin lograr su desintegración total; debido a que estos materiales invaden cada día más los espacios en los tiraderos o rellenos sanitarios, a nivel mundial se están considerando diversas alternativas para su gestión. Los métodos más empleados actualmente para el tratamiento de estos residuos poliméricos son el reciclaje energético o combustión y el reciclaje químico [1].

La incineración del EPS produce mayores cantidades de hollín y HAP (Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos) que los demás plásticos debido a la presencia de anillos aromáticos en su estructura. Ambos productos de esta combustión son potencialmente peligrosos para la salud [2]. El reciclaje químico emplea solventes orgánicos y derivados del petróleo, tales como Benceno, Tolueno, Acetona, entre otros [1].



El presente proyecto evalúa las mezclas del poliestireno expandido con diferentes proporciones de solventes acorde a los parámetros establecidos por la PROFECO para medir la calidad de los impermeabilizantes y establecer una propuesta de reciclaje.

2. METODOLOGÍA

2.1 Muestreo.

Para la obtención del EPS fueron instalados contenedores de basura en una comunidad de Atarasquillo, perteneciente al municipio de Lerma, la recolección de estos residuos se realizó diariamente por un lapso de una semana. Una vez obtenido el material se lavó perfectamente con agua y jabón; se dejó a la intemperie hasta su secado, una vez seco se trituró para disminuir su tamaño.

2.2 Mezclas de solventes.

La proporción de los solventes y la masa de EPS utilizada se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Proporción de solventes y EPS en las mezclas

Ensayo	Acetato de etilo	Acetona	Thinner	EPS
1	50	50	0	40
2	60	40	0	40
3	70	30	0	40
4	80	20	0	40
5	0	0	100	40

El EPS se adicionaba poco a poco a los solventes con una agitación constante y uniforme por un lapso de uno a dos minutos, hasta formar una mezcla homogénea para su evaluación.

2.3 Análisis de calidad.

Una vez obtenida las mezclas se procedió a su aplicación en una superficie de concreto que tenía contacto constante con agua pluvial para evaluar su calidad. Los parámetros que se midieron para evaluar la calidad de las mezclas de solventes con el EPS propuesto fueron: permeabilidad, absorción de agua, adherencia y acabado todos acorde a la norma NMX-C-450-ONNCCE [3] y viscosidad por la norma NMX-U-038-SCFI-2012 [4] utilizando un viscosímetro Brookfield.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2 se muestran los resultados de la evaluación de la calidad de las diferentes mezclas de solventes con el EPS para ser utilizadas como impermeabilizantes, se compara con un impermeabilizante comercial

Tabla 2. Resultados de la evaluación de la calidad de la mezcla de solvente y EPS

	Viscosidad	Permeabilidad	Absorción	Acabado	Adherencia
Acetona / Acetato (ml) 20:80	MB	E	MB	B	R
Acetona / Acetato (ml) 30:70	B	E	B	B	R
Acetona / Acetato (ml) 40:60	B	E	R	D	R
Thinner (ml) 100	B	MB	E	MB	MB
Impermeabilizante comercial	E	MB	E	D	B

E = Excelente, MB = Muy Bien, B = Bueno, R = Regular, D = Deficiente,

En la Tabla 2 se observa que la evaluación de la mezcla del EPS con los solventes se tiene que la viscosidad de la mezcla con los solventes de acetato de etilo y acetona va de Muy Bien a Bueno, esto es que al aumentar la cantidad de acetona la mezcla se tornó ligeramente más espesa por lo que su calidad quedo en la clasificación de Muy Bien a Bueno. Con respecto a la mezcla con thinner la viscosidad se clasificó como bueno.

Considerando que la viscosidad indica la resistencia al agua que tiene un impermeabilizante si es muy líquido es probable que la capa del impermeabilizante sea muy delgada y poco resistente Si es muy espeso, puede dificultar su aplicación y disminuir su rendimiento, por lo que la mezcla de los solventes con el EPS está dentro de una clasificación aceptable.

La permeabilidad se midió que tanta agua deja pasar el impermeabilizante cuando se seca sobre un área determinada. Para calcularlo se midió la cantidad de líquido que logró atravesar la superficie en un tiempo especificado. Se observó que la mezcla con acetona y acetato de etilo tiene una clasificación excelente al no pasar el agua a través del concreto. El thinner y el impermeabilizante presentan una calificación de Muy Bien.

El parámetro de absorción del agua, el cual se midió sumergiendo una muestra seca de la mezcla de EPS con los solventes y después de siete días de estar sumergido en agua destilada se determinó, por diferencia de pesos, el porcentaje de absorción del agua. Se mostró que el impermeabilizante comercial y la mezcla con thinner tienen una clasificación de Excelente, al no absorber agua, comparado con la mezcla de acetona y acetato de etilo donde la absorción de agua que tuvo lo clasificó de Muy Bien hasta Regular.

El acabado se refiere al aspecto que tiene el impermeabilizante al secarse y como se muestra en la Tabla 2 la mezcla de thinner fue el que obtuvo una mejor apariencia al ser clasificado como Muy Bien comparado con las mezclas de acetona y acetato de etilo que tuvo una clasificación de Bueno a Deficiente. El impermeabilizante comercial obtuvo una clasificación Deficiente.

Con respecto a la adherencia, la cual mide la capacidad del impermeabilizante para permanecer unido al lugar donde se aplicó, se observó que la mezcla con acetona y acetato de etilo no tiene una adherencia adecuada al ser clasificado como regular; contrariamente, la mezcla de thinner tuvo una adherencia aceptable al tener una clasificación de Muy Bien, siendo mejor que el impermeabilizante comercial el cual obtuvo una clasificación de Bueno.



Es importante mencionar que se realizó un análisis de costo para conocer si económicamente es viable el producto que se propone como impermeabilizante, lo anterior se realizó comparando el precio de una cubeta de 20 litros del impermeabilizante comercial con el gasto de solvente utilizado en proporción a las mezclas y equiparando las cantidades. Se determinó que en la mezcla de acetona y acetato de etilo tiene un costo hasta 25% mayor al impermeabilizante comercial, sobre todo si se incrementa la concentración de acetona en la mezcla. Contrariamente en la mezcla de thinner se obtiene un ahorro del 64% siendo económicamente más competitivo.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran características similares en cuanto a estudios de calidad realizados, destacando una de Excelente a Bueno la prueba de permeabilidad, no así la prueba de adherencia donde los resultados fueron de Regulares con el acetato de etilo a Muy Bien con el thinner.

La utilización de EPS con thinner como posible impermeabilizante tendría un ahorro económico del 64% comparado con el impermeabilizante comercial

Se requiere de realizar más prueba de calidad de la mezcla de thinner con EPS y compararla con otros impermeabilizantes de marca para dar una evaluación completa.

Es importante buscar alternativas que permitan el reúso del EPS para disminuir el impacto que generan en los sitios de disposición final de residuos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]García, María Teresa; Gracia, Ignacio; Duque, Gema; De Lucas, Antonio y Rodríguez, Juan Francisco| (2009). Study of the solubility and stability of polystyrene wastes in a dissolution recycling process. En: Waste Management (En línea) Ciudad Real, España. Vol. 29 No. 6, p. 1814 Disponible en internet en: www.sciencedirect.com
- [2]Ergut, Ali; Levendis, Yiannis A. y Carlson, Joel (2007). Emissions from the combustion of polystyrene, styrene and ethylbenzene under diverse conditions. En: Fuel (En línea) Boston, USA. Vol. 86 No. 12-13, p. 1789-1 Disponible en internet en: www.sciencedirect.com
- [3]NMX-C-450-ONNCCE. Industria de la construcción – Impermeabilizantes elastoméricos – Especificaciones y métodos de ensayo.
- [4]NMX-U-038-2012—Determinación de la Viscosidad por los Métodos Stormer y Brookfield en Recubrimientos, Pinturas, Barnices y Productos Afines.

[Indice](#)



Influencia de los Compuestos Lignocelulósicos en la degradación de la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos.

¹Otoniel Buenrostro Delgado, ¹José Alfredo Nila Cuevas, ¹Liliana Márquez Benavides,

²Ma. del Consuelo Hernández Berriel

¹Laboratorio de residuos sólidos y medio ambiente. Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales.
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Av. San Juanito Itzicuaró s/n,
Col. San Juanito Itzicuaró, Morelia, Michoacán. otonielb@umich.mx

²Instituto Tecnológico de Toluca. Av. Tecnológico s/n, Frac. Ex-Rancho la Virgen. Metepec, Estado de México.

RESUMEN

En México, la fracción orgánica continúa siendo predominante en la composición de los residuos sólidos urbanos (RSU), por lo que su estabilización es de gran relevancia. El objetivo del presente trabajo fue determinar la influencia del contenido de compuestos lignocelulósicos en la degradación de los RSU confinados en el relleno clausurado de Morelia, Michoacán; los objetivos específicos fueron: 1) Determinar la fracción biodegradable; 2) Analizar los contenidos de lignina por determinación de la fracción combustible a 500° C y de holocelulosa mediante hidrólisis ácida en los azúcares hidrolizados.

Se tomaron muestras de residuos en una cantidad de cuatro kg de 16 pozos y se realizaron análisis físicos y químicos: caracterización de subproductos, temperatura, pH, humedad, cenizas, sólidos totales (ST) y volátiles (SV) y los contenidos de lignina y la holocelulosa mediante métodos estandarizados.

Se determinó un promedio de 64% de fracción orgánica; la temperatura de los residuos en la mitad de los pozos muestreados fue inferior a 30°C; el pH en un rango de 8 a 8.4 y la humedad en un rango del 21 al 48%. Los ST y SV en un rango del 52 al 78% y del 21 al 87%, respectivamente. La concentración de lignina fue del 4 al 20% y la holocelulosa, con un 29 al 53%. Estos resultados indican una gran heterogeneidad de la composición de los residuos y un estado diferencial de la degradación de la materia orgánica, así como del potencial de biodegradabilidad de los residuos sólidos confinados en el sitio de estudio.

Palabras clave: Biodegradabilidad, Contenido, Holocelulosa, Lignina, Métodos.

1. INTRODUCCIÓN

El manejo adecuado de los residuos sólidos es uno de los problemas más apremiantes al que se enfrentan las áreas urbanas de los países en vías de desarrollo, los cuales en su mayoría continúan depositando los residuos sólidos en tiraderos no controlados [1]. En México, la fracción orgánica continúa siendo predominante en la composición de los RSU, por lo que su estabilización es de gran relevancia, particularmente en aspectos de generación de biogás y de costos de confinamiento de los RSU.

El contenido de residuos orgánicos confinados en el relleno clausurado de Morelia, Michoacán, representa el 64% del volumen total de residuos [2], por lo que el biogás generado de la degradación de estos tiene un gran impacto atmosférico, pero también potencial como fuente de energía, si es tratado adecuadamente. Se estima que la degradación de la fracción biodegradable de los RSU contribuye con 50 a 60 millones de toneladas de CH₄ año⁻¹ [3], y una gran proporción de la fracción orgánica de los RSU, la conforman los residuos de comida, de jardín, papel, cartón, madera, los cuales contienen compuestos lignocelulósicos que inciden en la degradabilidad de los RSU, y por lo tanto, del tiempo requerido para su estabilización.



La fracción orgánica de los residuos sólidos confinados en el relleno clausurado de Morelia, tiene diferentes grados de degradación, determinados básicamente por el tiempo de confinamiento y la composición de la materia orgánica. Dado que alrededor del 85% de este material biodegradable está conformado por carbohidratos de origen vegetal, es de esperar que la mayor parte provengan de compuestos lignocelulósicos y por lo tanto, con un alto potencial de generación de metano.

Aunque existen diferentes métodos químicos y biológicos, la determinación de la biodegradabilidad de la fracción orgánica de los RSU por determinación de lignina y holocelulosa es más conveniente y da resultados más confiables para este tipo de residuos, ya que la mayor parte de la materia orgánica contenida es de origen vegetal y contiene mayor contenido de estas macromoléculas que son recalcitrantes a un proceso de degradación anaerobio. El objetivo del presente trabajo fue determinar la influencia del contenido de compuestos lignocelulósicos en la degradación de los RSU confinados en el relleno clausurado de Morelia, Michoacán; los objetivos específicos fueron: 1) Determinar la fracción biodegradable; 2) Analizar los contenidos de lignina por determinación de la fracción combustible a 500° C y de celulosa mediante hidrólisis ácida en los azúcares hidrolizados.

2. METODOLOGÍA

2.1 Obtención de las muestras del sitio de estudio

En el sitio de estudio se seleccionaron 16 zonas, mediante un diseño de muestreo sistemático y estratificado. En estas zonas se perforaron pozos de una profundidad de tres metros, de los cuales se tomaron muestras de RSU en cantidad de cuatro kilos, se colocaron en bolsas de polietileno color negro y se congelaron para los análisis posteriores. Durante el muestreo, se midió la temperatura de las muestras de tres metros de profundidad con un termómetro digital (Taylor Precision Products, modelo 9878).

2.2 Análisis físicos y químicos de las muestras de RSU

Una vez que se descongelaron las muestras se realizó manualmente la selección y cuantificación de subproductos, con base en la Norma Oficial Mexicana NMX-AA-022-1985, Selección y cuantificación de subproductos [4]. Posteriormente estas mismas muestras se prepararon de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NMX-AA-052-1985 [5].

Los análisis fisicoquímicos realizados a las muestras fueron los siguientes: determinación de potencial de hidrogeno (pH), NMX-AA-25-1984 [6]; contenido de humedad (H), NMX-AA-016-1984 [7]; cenizas (C), NMX-18-1984 [8]; sólidos volátiles (SV), 2540G Standard Methods [9]; holocelulosa (HC), Método de Clorito [10]; y Lignina (L), Método Colín-Urieta [10]; previo a los análisis de HC y L, las muestras a utilizar se prepararon de acuerdo con el método de Colín-Urieta [11], a efecto de dejar las muestras libres de extraíbles.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caracterización de los residuos sólidos dio como resultado un contenido predominantemente, que osciló del 48 al 85 % de fracción orgánica (Tabla 1), no obstante sólo en un pozo se presentó un contenido por abajo del 50% (Tabla 2).

Tabla 1. Composición promedio en las muestras de RSU (% peso fresco)

Subproductos	%
Fracción orgánica	54.42
Cartón	3.98
Madera	0.96
Papel	1.14
Pañal desechable	3.79
Plástico en película	7.42
Vidrio	2.83
Piedras	11.35
Material ferroso	1.97
Plástico rígido	4.45
Loza y cerámica	1.10
Trapo	2.05
Otros	4.53
TOTAL	100

Las temperaturas de los residuos en la mitad de los pozos muestreados fueron inferiores a 30°C (por debajo del rango mesofílico); los valores de pH se encontraron en un rango predominantemente básico (8 a 8.4), con excepción de los pozos 12 y 15, y los valores de humedad en un rango del 21 al 48% (Tabla 2).

Tabla 2. Parámetros físicos en las muestras del relleno clausurado de Morelia (promedio por pozo)

Pozo	% Orgánico	% Inorgánico	Temperatura (°C)	pH	Humedad (%)
1	85	15	29.8	8.4	31.4
2	79	21	28.1	9.1	38.7
3	69	31	26.5	9.1	35.9
4	66	34	28.5	9.0	48.0
5	54	46	27.2	8.3	42.1
6	61	39	24.4	8.3	37.6
7	64	36	33.4	8.2	31.7
8	78	22	41.8	8.7	27.0

Tabla 2. Parámetros físicos en las muestras del relleno clausurado de Morelia (promedio por pozo)
(Continuación)

Pozo	% Orgánico	% Inorgánico	Temperatura (°C)	pH	Humedad (%)
9	58	42	41.9	8.5	32.3
10	67	33	35.3	7.8	33.3
11	64	36	26.2	8.7	30.1
12	52	48	44.0	7.0	31.2
13	61	39	40.4	9.1	35.5
14	48	52	35.5	8.8	41.5
15	59	41	34.3	6.1	31.2
16	62	38	27.5	7.1	21.8

La tabla 3 muestra los parámetros químicos analizados en las muestras de RSU de los 16 pozos del sitio de estudio. Se observa que los ST, se encuentran en un rango del 52 al 78% en todos los pozos muestreados. Los contenidos de lignina y holocelulosa en las muestras analizadas oscilan del 11 al 38% y del 38 al 53%, respectivamente.

Tabla 3. Parámetros químicos de los residuos sólidos en el sitio de estudio (%)

Muestra	ST	Cenizas	SV	Lignina	Holocelulosa
pozo1	68.6 ± 7.5	23.06 ± 1.46	76.96 ± 1.45	4.78 ± 0.10	51.56 ± 1.24
pozo2	61.3 ± 1.7	78.80 ± 1.29	21.20 ± 1.28	7.47 ± 5.84	53.31 ± 0.68
pozo3	64.1 ± 2.7	33.74 ± 1.96	66.26 ± 1.96	9.52 ± 0.84	37.67 ± 0.74
pozo4	52 ± 5	20.45 ± 0.87	79.75 ± 0.87	19.84 ± 1.61	40.93 ± 0.55
pozo5	57.9 ± 7.9	17.62 ± 0.58	82.38 ± 0.58	9.63 ± 6.22	29.52 ± 0.85
pozo6	62.4 ± 2.5	25.17 ± 2.83	74.82 ± 2.82	8.42 ± 0.55	52.08 ± 1.42
pozo7	68.3 ± 6.9	22.49 ± 0.49	77.50 ± 0.48	13.9 ± 1.30	46.03 ± 0.3
pozo8	73 ± 6.3	17.57 ± 1.66	82.43 ± 1.65	4.17 ± 0.71	51.63 ± 0.6

Tabla 3. Parámetros químicos de los residuos sólidos en el sitio de estudio (%) (Continuación)

Muestra	ST	Cenizas	SV	Lignina	Holocelulosa
pozo9	67.7 ± 4.5	21.41 ± 0.13	78.58 ± 0.12	23.10 ± 3.33	39.23 ± 0.4
pozo10	66.7 ± 5	22.11 ± 0.93	77.89 ± 0.92	11.22 ± 0.57	43.45 ± 1.2
pozo11	69.9 ± 5.5	19.22 ± 0.58	80.77 ± 0.57	19.31 ± 1.30	39.91 ± 0.5
pozo12	68.5 ± 0.3	16.10 ± 0.23	83.89 ± 0.23	26.77 ± 2.06	44.21 ± 0.73
pozo13	64.5 ± 0.4	17.07 ± 0.80	82.93 ± 0.79	14.61 ± 0.92	48.83 ± 0.94
pozo14	58.5 ± 3.9	20.28 ± 0.78	79.72 ± 0.77	20.45 ± 0.75	41.93 ± 0.61
pozo15	68.8 ± 1.4	21.06 ± 1.52	78.93 ± 1.51	14.21 ± 1.60	38.09 ± 1.5
pozo16	78.2 ± 1.7	15.28 ± 1.09	84.71 ± 1.09	9.44 ± 0.48	50.25 ± 0.47

*Los porcentajes de holocelulosa y lignina son del total de la muestra de residuos.

Los valores de los ST encontrados en todos los pozos (52 al 78%) se consideran altos, independientemente del tiempo de confinamiento de los RS. Estos valores confirman que los contenidos de humedad están por abajo del óptimo para que se efectuó una degradación eficiente de los residuos, no obstante que de acuerdo con la caracterización, la materia orgánica es abundante.

En esta investigación, los valores de pH predominantemente básicos y los bajos contenidos de humedad en los residuos analizados, influyen en la velocidad de degradación de la materia orgánica, no obstante que la mayor parte de ésta es de fácil degradación. Es de resaltar que sólo uno de los 16 sitios muestreados, los SV se encuentran por debajo del 50%, lo cual indica poco estado de degradación y que el tiempo de confinamiento de los RS también no está influyendo, ya que en el sitio se encuentran cuatro zonas con antigüedad que oscila de los cinco a los 19 años.

Los contenidos de compuestos lignocelulósicos encontrados en esta investigación, concuerdan con los reportados previamente para residuos sólidos de países en vías de desarrollo [12], en los que la composición predominante de la fracción orgánica proviene de residuos de comida y jardín; al contrario de lo reportado para países desarrollados [13], en los que los contenidos de lignina son más altos, lo cual indica un origen predominantemente de residuos de madera. La mayor parte de los datos que se reportan de los contenidos de lignina y holocelulosa provienen de residuos específicos, por ejemplo, cartón, madera, papel y son pocas las investigaciones que reportan contenidos de compuestos lignocelulósicos en RSU, como es el caso de este trabajo. Los resultados de este estudio permiten concluir que los RSU del sitio de estudio, que tiene cinco años de clausurado, aún no se han estabilizado en su totalidad, debido al contenido alto de compuestos lignocelulósicos en los residuos confinados.

4. CONCLUSIONES



Los resultados de los análisis de SV, holocelulosa y lignina en este estudio, mostraron un alto contenido de materia orgánica sin degradar, que contiene proporciones altas de celulosa y lignina, lo cual, junto con las condiciones fisicoquímicas inadecuadas dentro de la matriz de los residuos sólidos, determinan un tiempo prolongado para la estabilización de los residuos sólidos del sitio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Chakraborty M, Sharma Ch, Pandey J, Singh N, Gupta P. K. 2011. Methane emission estimation from landfills in Delhi: A comparative assessment of different methodologies. *Atmospheric Environment*. 45, 7135-7142.
- [2] González C, Buenrostro O, Márquez L, Hernández C, Moreno E, Robles F. 2011. Effect of Solid Wastes Composition and Confinement Time on Methane Production in a Dump. *Journal of Environmental Protection*. 2: 1310-1316. ISSN Print: 2152-2197; ISSN Online: 2152-2219.
- [3] Dlugokencky E.J., Nisbet E.G., Fisher R. and Lowry D. 2011. Global atmospheric methane: Budget, changes and dangers. *Philosophical transactions of the Royal society*. 369, 2058-2072.
- [4] SECOFI (Secretaría de Fomento Industrial) 1985. Norma Mexicana NMX-AA-022-1985. Protección al ambiente-contaminación del suelo-residuos sólidos municipales-selección y cuantificación de subproductos. pp. 1-5.
- [5] SECOFI (Secretaría de Economía y Fomento Industrial) 1985. Norma Mexicana NMX-AA-052-1985. Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - preparación de muestras en el laboratorio para su análisis. pp. 1-5.
- [6] SECOFI (Secretaría de Economía y Fomento Industrial) 1984. Norma Mexicana. NMX-AA-025-1984. Protección al ambiente-contaminación del suelo-residuos sólidos municipales-determinación del pH- método potenciométrico. pp. 1-5.
- [7] SECOFI (Secretaría de Economía y Fomento Industrial) 1984. Norma Mexicana NMX-AA-016-1984. Protección al ambiente-contaminación del suelo-residuos sólidos municipales-determinación de humedad. pp. 1-5.
- [8] SECOFI (Secretaría de Economía y Fomento Industrial) 1984. Norma Mexicana NMX-AA-018-1984. Protección al ambiente - contaminación de suelos - residuos sólidos municipales - determinación de cenizas. pp. 1-5.
- [9] APHA (American Public Health Association) 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Edition. pp. 2462. ISBN 0-87553-235-7 Washington DC, USA.
- [10] Wise L E, Murphy M, Dieco A. 1946. Chlorite holocelluloses, its fractionation and beat in go summative wood analysis and on studies on the hemicelluloses. *Paper Trade Journal* 122, 35-45.
- [11] Colín-Urieta S, García-Calderón Ma. A, López-Albarrán P, Rutiaga-Quiñonez J.G. 2011. Análisis preliminar de la composición química de la madera de cordiaelecanoides DC. 4to. Congreso Forestal, IV Simposio Internacional sobre Técnicas Agroforestales, III Congreso Internacional de Jóvenes Investigadores DEFORS 2007 y I Taller sobre Silvicultura Urbana Periurbana. La Habana, Cuba. pp. 223.
- [12] Chiemchaisri C, Chiemchaisr W, Kumar S, Hettiaratchi J. 2007. Solid waste characteristics and their relationship to gas production in tropical landfill. *Environmental Monitoring Assessment*, 135: 41-48.
- [13] Barlaz M A. 2006. Forest products decomposition in municipal solid waste landfills. *Waste Management*. 26(4), 321-333.

[Indice](#)



Uso de Residuos Sólidos como Materiales de Construcción expuestos a Degradación Biótica y Abiótica

¹Edgar J. López Naranjo, ²Ricardo H. Cruz Estrada, ²José G. Carrillo Baeza, ²Carlos V. Cupul Manzano, ³Liliana M. Alzate Gaviria, ³Jorge A. Domínguez Maldonado

¹Cinvestav-Querétaro. Libramiento Norponiente # 2000, Fraccionamiento Real de Juriquilla, CP. 76230, Querétaro, Qro., México. ²Grupo de Reciclado,

²Unidad de Materiales, Centro de Investigación Científica de Yucatán. Calle 43 # 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97200, Mérida, Yucatán, México, rhcruze@cicy.mx.

³Unidad de Energía Renovable, Centro de Investigación Científica de Yucatán. Calle 43 # 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97200, Mérida, Yucatán, México.

RESUMEN

Se reporta la preparación de compuestos “madera-plástico” (WPCs) con HDPE reciclado y residuos de pino (PR) para evaluar su potencial como materiales de construcción. WPCs suponen ser inmunes al ataque biológico porque el plástico protege la madera de cualquier agente biótico; pero la intemperie puede generar grietas en su superficie, que permitan el acceso de agentes biológicos, como por ejemplo termitas. Para entender mejor este proceso se utilizó la extrusión doble-husillo para obtener materiales con 40 % en peso de PR, los cuales se sometieron a envejecimiento acelerado para evaluar la degradación por agentes abióticos. El efecto de agentes bióticos se evaluó mediante exposición a termitas nativas de la Península de Yucatán. Materiales expuestos a 0, 1000 y 2000 horas de radiación UVA se sometieron al ataque de termitas. Pruebas mecánicas (flexión, tensión e impacto Izod); y análisis mediante espectroscopía FTIR, SEM y DSC se usaron para estudiar el efecto de ambos procesos de degradación. Resultados parciales indican que los WPCs se degradaron después de exponerlos a intemperismo acelerado. Micrografías SEM mostraron grietas y resquebrajaduras en superficies inicialmente lisas. Termogramas DSC confirmaron la degradación, evidenciada por la aparición de picos nuevos (“hombros”) que podrían relacionarse con corte de cadenas, cambios de peso molecular y recristalización secundaria. Finalmente, la disminución de propiedades mecánicas demostró también que ocurrió un proceso de degradación. Estos resultados sugieren que el ataque biótico causado por termitas es posible porque grietas y resquebrajamientos en la superficie del WPC pueden servir como rutas de acceso para sus mandíbulas.

Palabras Clave: *Intemperismo, Madera, Plásticos, Reciclaje, Termitas.*

1. INTRODUCCIÓN

Toneladas de residuos de madera y plástico se generan en todo el mundo, los cuales pueden aprovecharse para obtener materiales alternativos de construcción como los compuestos madera-plástico (WPCs) [1], cuyo uso cada vez es más amplio y frecuente. Sin embargo, la degradación que sufren por diversos agentes, tanto bióticos como abióticos cuando son expuestos a la intemperie todavía es un tema que mucho se desconoce [2]. Entre los causantes de degradación biótica se encuentran hongos, termitas, algas y perforadores marinos. En el caso de los agentes abióticos, se sabe que los más importantes son la humedad, la luz ultravioleta y la temperatura [3]. En el caso específico de la degradación causada por termitas, la información disponible es insuficiente, aún cuando son las principales causantes de la destrucción de la madera [4]. En general todos los materiales que contienen celulosa pueden ser utilizados como sus fuentes de alimentación; y en su búsqueda de alimento, estos insectos pueden llegar a penetrar y dañar distintos materiales no-lingocelulósicos, incluyendo plásticos, aún cuando éstos no puedan ser digeridos [4]. Sobre los efectos de factores abióticos se sabe que la luz ultravioleta genera grietas en la superficie de los WPCs, dejando la madera expuesta al medio ambiente, en contacto directo con la humedad, la cual provoca su hinchamiento y posterior deterioro [5, 6]. Dichas grietas



permiten el acceso de agentes bióticos como las termitas [4], [7]. Entre los efectos causados por la fotodegradación se encuentran la disminución de propiedades mecánicas y la pérdida de calidad estética [2].

2. DESARROLLO

2.1 Materiales

Como fase continua se utilizó polietileno de alta densidad reciclado (HDPEr) con un índice fluidez de 4.56 g/10 min proporcionado por Recuperadora de Plásticos Hernández (Mérida, México). Las hojuelas de HDPEr fueron molidas empleando un molino marca Brabender (modelo TI 880804) equipado con una malla con orificios de 1 mm de diámetro. Como fase dispersa se utilizaron residuos de madera de pino, suministradas por Maderas Bajce (Mérida, México), la cual fue tamizada utilizando un equipo Tyler (W.S. Tyler ROTAP modelo RX-29) después de haber sido previamente molida empleando un molino Pagani modelo 1520. Adicionalmente fueron empleados polietileno de alta densidad injertado con anhídrido maleico (Polybond 3009, Brenntag México S.A. de C.V.) como agente de acoplamiento (AA) y Struktol TPW 113 provisto por la compañía Struktol como ayuda de proceso (AP). Tanto AA como AP fueron molidos empleado el mismo equipo utilizado con el HDPEr.

2.2. Termitas

Termitas mayores de la especie *Nasutitermes nigriceptus* recolectadas en nidos localizados en la zona de manglar de la Ría de Celestún en Yucatán, México (20°51'52.1" N; 90°22'58.7" W) fueron empujadas como agente biótico de degradación.

2.3. Procesamiento

La madera de pino (PR), el HDPEr, AA y AP fueron inicialmente mezclados en una mezcladora de cintas (Intertécnica Co., modelo ML-5) y secados en un horno de convección (Fisher Scientific) a 105°C durante 24 h. Dos diferentes mezclas fueron preparadas y procesadas en un extrusor cónico doble-husillo (Brabender, modelo EP1-V5501), utilizando un dado cilíndrico de 4 cm de longitud y 2 mm de diámetro interno. Durante la extrusión, la velocidad de rotación de los husillos fue de 50 rpm. La temperatura de procesamiento fue 140°C en las 3 zonas del extrusor así como en el dado. Los perfiles de los WPCs obtenidos fueron pelletizados en un equipo Brabender (modelo 12-72-000). La composición en % peso de las mezclas fue de 40 de PR, 60 de HDPEr y 3 de AP. A una de ellas se le agregó 5% de AA (el contenido de AP y AA está en función del contenido de PR).

2.4. Obtención de especímenes para ensayos mecánicos

Fueron obtenidos mediante moldeo por compresión utilizando los pellets de los WPCs y una prensa automática Carver (modelo 3819) a 140°C durante 5 min empleando una fuerza de compresión de aproximadamente 26,690 N. La geometría y dimensiones de los especímenes cumplen las especificaciones indicadas en normas estándares de prueba para realizar ensayos mecánicos (ASTM D 790 para flexión, ASTM D 638 para tensión y ASTM D 256 para impacto Izod).

2.5. Intemperismo Acelerado (IA)

Se llevó a cabo utilizando un equipo ATLAS UVCON en donde las muestras fueron expuestas a ciclos de radiación de 4 h con luz ultravioleta a 60°C empleando lámparas UVA-340 seguidos de ciclos de condensación de 4 h a 50°C utilizando la norma ASTM D 4329 como referencia. Previo a su exposición, 10 muestras de cada material fueron acondicionadas acorde a lo establecido en la norma ASTM D 618 (105°C durante 24 h). Posteriormente las muestras fueron envejecidas durante 0, 1000 y 2000 h y a lo largo del texto se hará referencia a ellas como 0IA, 1000IA y 2000IA respectivamente.



2.6. Ensayos con termitas (AT)

Muestras previamente envejecidas y no-envejecidas fueron expuestas al ataque de termitas, tomando como referencia la norma ASTM D 3345. Las muestras fueron atacadas durante 0, 15 y 30 días y serán referenciadas en el texto como 0AT, 15AT y 30AT, respectivamente. Posteriormente se evaluaron sus propiedades mecánicas siguiendo los estándares señalados previamente, y fueron analizadas mediante espectroscopía de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR), calorimetría diferencial de barrido (DSC) y microscopía electrónica de barrido (SEM).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Propiedades mecánicas

En general los resultados que se presentan en la Tabla 1 muestran una mayor disminución para muestras expuestas a 2000IA+30AT. El efecto del agente de acoplamiento es moderadamente evidente, aun cuando las muestras con este aditivo en general presentan un incremento en sus propiedades mecánicas. Este incremento se debe a que el AA mejora la resistencia interfacial de los WPCs. Por otro lado la exposición por períodos más prolongados al intemperismo propicia mayor disminución de propiedades mecánicas puesto que el daño superficial es más severo, dada la afectación que sufre la fase termoplástica al resquebrajarse; y por consiguiente el WPC estaría más propenso a absorber más humedad, al mismo tiempo de que dichas grietas podrían servir como rutas de acceso para las mandíbulas de las termitas durante su búsqueda de alimento (en este caso las partículas de madera).

Tabla 1. Propiedades mecánicas para muestras sometidas a IA y AT

Proceso de degradación	Resistencia a la flexión (MPa)		Resistencia a la tensión (MPa)		Resistencia al impacto (J/m)	
	Con AA	Sin AA	Con AA	Sin AA	Con AA	Sin AA
0IA	14.1	13.7	18.2	16.0	13.9	12.2
1000IA	13.2	12.2	16.1	14.6	12.9	11.0
2000IA	12.2	12.2 ^c	15.1	14.2	11.1	10.7
1000IA+15AT	12.9	10.6	16.2	14.6	12.2	10.6
2000IA+15AT	10.5	11.7	15.1	14.3	10.8	10.7
1000IA+30AT	13.2	10.7	14.9	14.5	10.8	10.4
2000IA+30AT	10.6	10.4	15.0	12.4	9.9	10.5

3.2 Calorimetría diferencial de barrido (DSC)

En las Figuras 1a y b se presentan los termogramas de los materiales sin y con AA, respectivamente, donde se aprecian únicamente los efectos del proceso de fotodegradación sobre el HDPE después de haber sido expuesto a 0IA, 1000IA y 2000IA. Se observa un pequeño incremento en el flujo de calor endotérmico (hombros a aproximadamente 110°C) antes del punto de fusión del HDPE, lo cual se atribuye a una re-cristalización secundaria de cadenas poliméricas de menor tamaño generadas como producto de reacciones de rompimiento de cadena. Los termogramas de los WPCs expuestos a IA y AT, no presentan picos secundarios, por ejemplo, la Figura 1c presenta los termogramas del material sin AA expuesto a 30 días de ataque biótico después de haber sido sometido a 0, 1000 y 2000 h de IA. Esto se atribuye a que una vez que las termitas degradaron el material, la capa superficial de HPDE fue removida para poder acceder a las partículas de madera.

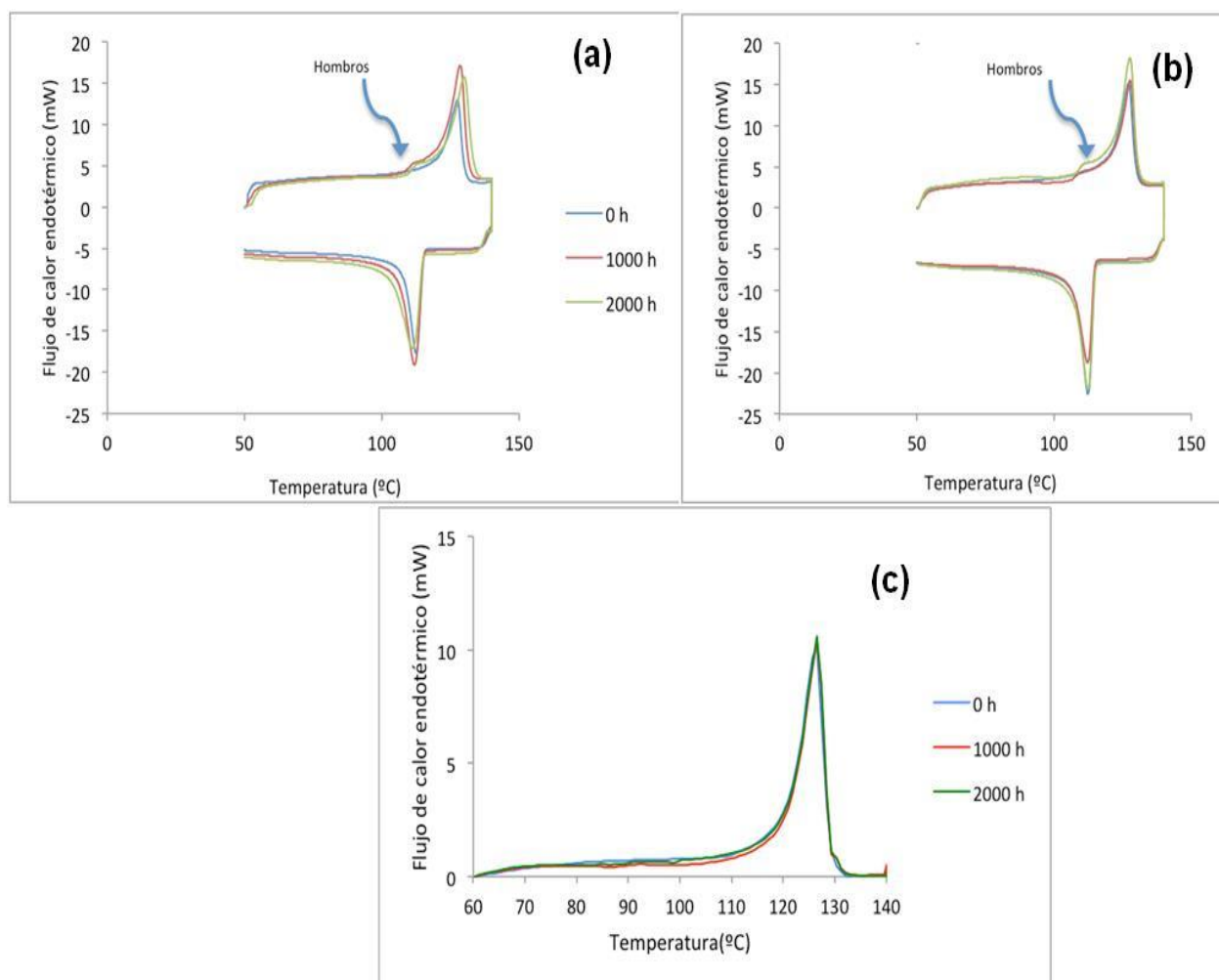


Figura 1. Termogramas DSC: (a) Material sin AA, (b) Material con AA; (c) Material sin AA expuesto a 30 días de ataque biótico y 0IA, 1000IA y 2000IA

3.3 Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)

Micrografías de muestras envejecidas y no envejecidas se presentan en la Figura 2. La superficie de las muestras no envejecidas era inicialmente lisa (Figuras 2a y b). Sin embargo, aparecieron grietas después de 1000 h de intemperismo acelerado (Figuras 2c y d), a través de las cuales podrían penetrar la humedad y las termitas (incluso es posible apreciar partículas de madera desprotegidas).

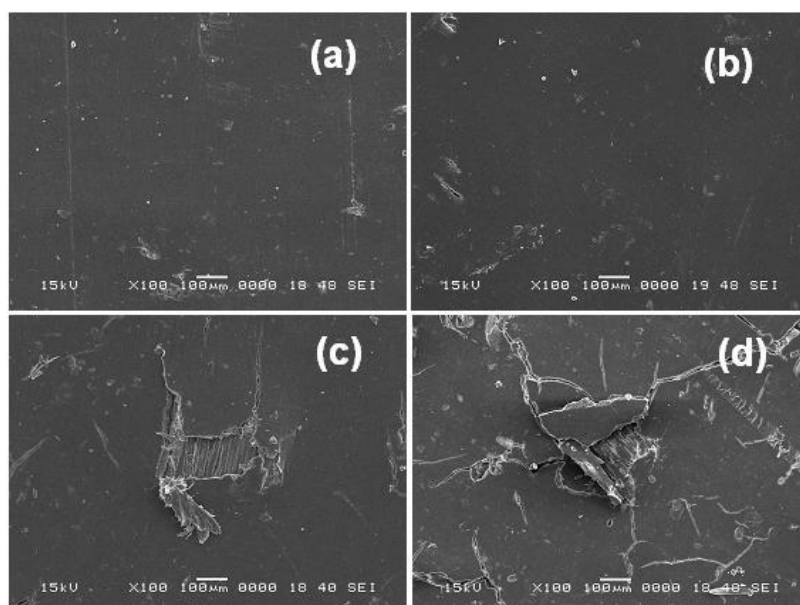


Figura 2. Micrografías SEM: (a) 0IA sin AA; (b) 0IA con AA; (c) 1000IA sin AA; (d) 1000IA con AA

3.4 Espectroscopía de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR)

En la Figura 3 se presentan los espectros FTIR correspondientes a los materiales con y sin AA. Se observa que en la región $1700-1750\text{ cm}^{-1}$ (correspondiente a grupos carbonilos, CO), se aprecian la concentración de ácidos carboxílicos (1715 cm^{-1}) y de ésteres (1735 cm^{-1}), las cuales aumentan por efecto del intemperismo acelerado. El incremento en la concentración de CO por efecto del IA se debe al rompimiento de cadenas de HDPE, magnificándose su efecto en función del tiempo de exposición del material. Adicionalmente, en la región $3080-3500\text{ cm}^{-1}$ que corresponde a grupos hidroxilo (OH) de la madera (combinación de celulosa, hemicelulosas y lignina) se observa un decremento en la intensidad de las bandas, lo cual se asocia con la pérdida de madera por causa del envejecimiento del material.

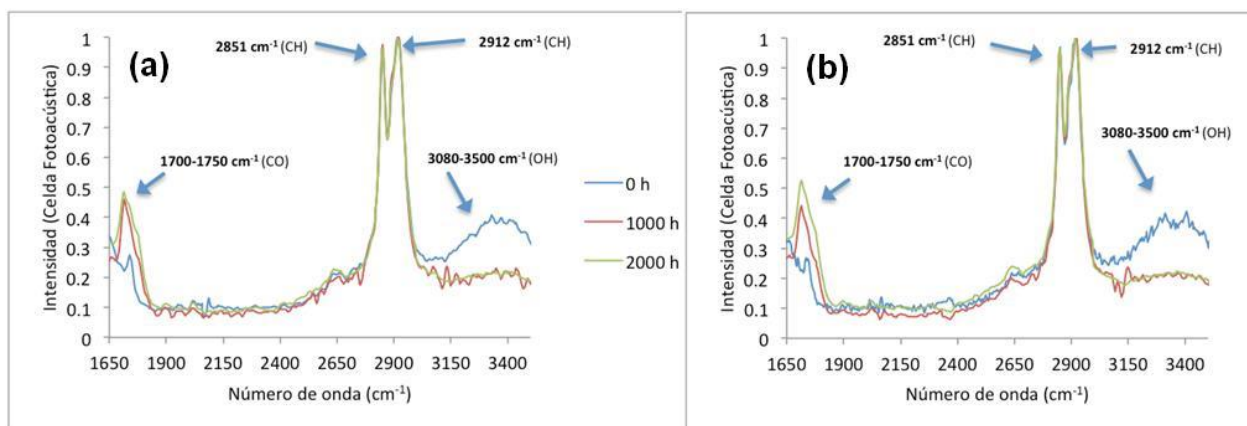


Figura 3. Espectros FTIR de WPCs sometidos a 0IA, 1000IA y 2000IA: (a) Sin AA; (b) Con AA



4. CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio indican que el ataque de termitas a un WPC es posible cuando éste ha sido previamente expuesto a los efectos del intemperismo acelerado, ya que este proceso da lugar a grietas sobre la superficie de los materiales, creando de esta forma rutas de acceso para sus mandíbulas. Se observó que ambos agentes de degradación afectaron negativamente la calidad de los materiales acorde a los resultados de DSC, espectroscopía FTIR y SEM. Por otro lado, resulta evidente que la presencia de un agente de acoplamiento en la formulación de un WPC no evita la pérdida de propiedades mecánicas aunque sí parece retrasar el proceso de degradación. Sería interesante evaluar el efecto de estabilizadores UV y biocidas en el desempeño de estos materiales.

AGRADECIMIENTOS

Al Fondo Mixto CONACYT-Gobierno del Estado de Yucatán, a través del proyecto YUC-2008-C06-107327, “Desarrollo de una vivienda ecológica autosustentable”, por el financiamiento otorgado para realizar el presente trabajo.

REFERENCIAS

- [1] J.E. Winandy, N.M. Stark, C.M. Clemons, in: 5th Global Wood and Natural Fibre Composites Symposium, Kassel, Germany, 2004.
- [2] N.M. Stark, J Appl Polym Sci, 100 (2006) 3131-3140.
- [3] A. Schirp, R.E. Ibach, D.E. Pendleton, M.P. Wolcott, Development of commercial wood preservatives: efficacy, environmental, and health issues, in: T.P. Schultz (Ed.), American Chemical Society, Washington, DC., 2008, pp. 480-507.
- [4] I. Stephan, R. Plarre, Chem Today, 26 (2008) 20-22.
- [5] J.S. Fabiyi, A.G. McDonald, D. McIlroy, J Poly Environ, 17 (2009) 34-48.
- [6] N.M. Stark, L.M. Matuana, J Appl Polym Sci, 90 (2003) 2609-2617.
- [7] N.M. Stark, D.J. Gardner, Outdoor durability of wood-polymer composites, in: K.O. Niska, M. Sain (Eds.) Wood-polymer composites, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, 2008, pp. 142-165.

[Indice](#)



Compostaje de Residuos Sólidos Orgánicos

¹Beatriz Juárez Robles, ¹Isaías de la Rosa Gómez, ¹Ma. Consuelo Hernández Berriel, ¹Guadalupe Macedo Miranda, ²Guillermina Gómez Beltrán

¹Instituto Tecnológico de Toluca, Av. Tecnológico S/N, Ex Rancho La Virgen, Metepec, Estado de México, México, CP. 52140 Apartado postal 890, Teléfono: 7224101060, E-mail: beatrizjuarezro@hotmail.com

²Carretera del Departamento del D.F. km 7.5, Santa María Atarasquillo, Lerma, México

RESUMEN

El estudio del compostaje acelerado de residuos sólidos orgánicos (RSO) se hace necesario debido al impacto ambiental que presenta su excesiva generación, su manejo y disposición inadecuada. El objetivo de la investigación fue evaluar el compostaje de RSO por aireación periódica, utilizando tres materiales adicionales: biosólido, arcilla y lama, con el fin de controlar la calidad de la composta utilizando como medida la relación C/N entre 4 y 8, reducir el tiempo de compostaje y uniformizar la población microbiana. El RSO se trituró y deshidrató, el biosólido se secó, trituró y cribó, la arcilla se cribó con malla 2.0 para homogenizar y la lama se inspeccionó visualmente para retirar el material extraño. Se elaboraron pilas con proporciones diferentes de los materiales, evaluando dos aspectos importantes: tiempo de proceso y calidad del producto, siguiendo los métodos establecidos por la normatividad mexicana. Las condiciones de proceso fueron: aireación cada 48 hrs y humedad de $35 \pm 5\%$. Con la proporción de 45:20:30:5 de RSO:biosólido:arcilla: lama respectivamente, el tiempo de proceso fue de 31 días, con una relación C/N de 6.8; alcanzando los objetivos de calidad y tiempo buscados.

Palabras Clave: ambiente, arcilla, composta, contaminación, tiempo.

1. INTRODUCCIÓN

Las crecientes concentraciones de población y el desarrollo industrial en las últimas décadas ha propiciado un aumento en el volumen de RSO y biosólidos, los cuales, sin un manejo adecuado, ocasionan graves problemas de contaminación ambiental en cuerpos de agua, suelo y aire [1]-[2]. En México la generación de residuos ha ido en aumento, en la actualidad se estima que se generan 1.4 kg/día *per cápita* [3]. En cuanto a los biosólidos hasta el año 2011 se tenía una cobertura de agua tratada de las plantas de tratamiento de agua residual (PTAR) municipales del 46.5%, sin embargo, no existen datos estadísticos precisos de la cantidad de biosólidos generada y su acumulación sigue en aumento, siendo necesario contar con métodos para tratarlos y reducir el impacto negativo a los ecosistemas [4]. El compostaje es un método eficiente en la valorización, ya que permite el aprovechamiento del producto [5].

2. METODOLOGÍA

El estudio fue realizado en Toluca, Estado de México, en la planta piloto de compostaje del Instituto Tecnológico de Toluca. La fase experimental se dividió en diferentes etapas las cuales se mencionan a continuación.

2.1 Acondicionamiento de RSO, biosólidos, arcilla y lama

Los RSO fueron recolectados de un mercado municipal de Toluca, México. Se realizó una separación gruesa del material inorgánico; posteriormente fueron disgregados en un molino de cuchillas obteniéndose un material de textura gruesa y

fibrosa, con una humedad base húmeda Hbh de $80 \pm 5\%$. Se deshidrataron por compresión en recipientes cilíndricos de plástico perforados, posteriormente fueron expuestos a radiación solar con aireación manual durante 24 hrs hasta obtener un Hbh del $50 \pm 5\%$. Los biosólidos se obtuvieron de una PTAR de origen municipal, fueron deshidratados por radiación solar obteniendo una Hbh de $35 \pm 5\%$; posteriormente se trituraron y cribaron con malla de 2 mm reduciendo el tamaño de partícula. El material arcilloso cribó con malla 2.0, con el fin de eliminar impurezas y tener uniformidad en el tamaño de grano. La lama fue de origen equino y se seleccionó eliminando el material extraño.

2.2 Compostaje

Se prepararon pilas de 250 kg, 1 Testigo y 3 pruebas por duplicado, conformadas con RSO:biosólido:arcilla:lama, con las proporciones: Testigo (100:0:0:0), P1 (45:20:30:5), P2 (40:20:30:10), P3 (30:20:30:20). Se midieron como variables de proceso la temperatura, humedad y pH con una frecuencia de 24 hrs y la aireación y adición de agua cada 48 hrs; el pH se determinó conforme a la NMX-FF-109-SCF-2008 y el porcentaje de humedad por método termogravimétrico. Al final del proceso se realizó el muestreo conforme al método establecido en la NOM-004-SEMARNAT-2002. Las variables de respuesta fisicoquímicas se determinaron conforme a la normatividad mexicana: % de materia orgánica (MO), % COT y % NTK con la NMX-AA-021-SEMARNAT-2000; % Fósforo, con la NMX-AA-094-1985; % Potasio y % Sodio, y la relación C/N con la NTEA-006-SMA-RS-2006. Los análisis microbiológicos comprendieron Coliformes Fecales (CF) y Huevos de Helminto viables (HH) en base a la NTEA-006-SMA-RS-2006 [6]-[7]-[8]-[9].

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Temperaturas en pilas de compostaje

Cuando las pruebas alcanzaron la temperatura ambiente las mediciones se concluyeron, dado que la actividad microbiana se reduce al mínimo. Los perfiles se muestran a continuación en la Figura 1.a.

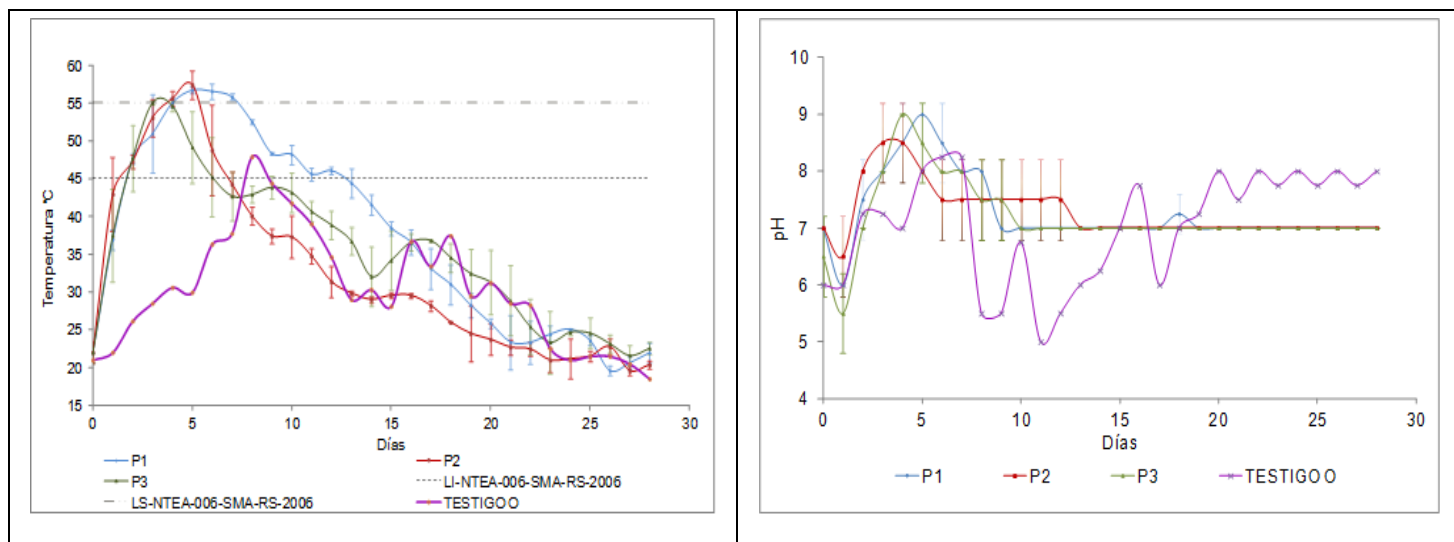


Figura 1.a. Temperaturas y 1.b.pH en pilas de compostaje.



Para una adecuada sanitización del material a tratar (eliminar larvas, huevecillos, y microorganismos patógenos), se requieren periodos entre cuatro y quince días con temperaturas superiores a 55°C [8]-[10]-[11]-[12]-[13]. Se encontró que las temperaturas medias en la etapa termófila (mayor a 45 °C) de las pruebas fueron: 49.67 °C, 52.11 °C y 50.33 °C para la P1, P2 y P3 respectivamente. En cuanto a temperaturas mayores a 55 °C se tuvo que la P1 registró éstas temperaturas durante 3 días consecutivos del día 3 al día 6 del proceso. La P1 tuvo una temperatura mayor a 55 °C durante 2 días (día 4 y 5) siendo de 55.6 °C y 57.4 °C. La P3 solamente registró un día con temperatura de 55 °C. Por lo que el aumento en el porcentaje de lama fue inversamente proporcional a la temperatura, a partir de las proporciones mayores al 10%, cabe resaltar que su incorporación mejoró el proceso en comparación con la pila Testigo. Se tuvo mejor manejo del proceso con una proporción del 5% lama, P1 y mejor calidad con la P2.

3.2 pH en pilas de compostaje

Los valores de pH tienden a estar entre 6 y 7 al inicio del proceso (ver Figura 1.b); las pruebas tuvieron un comportamiento muy similar en el tiempo, descendiendo al día 1 a valores de 6.0 y 5.5 coincidiendo con lo publicado por otros autores [5]- [13] lo que indica la degradación de la MO en especial de proteínas que dio origen a la formación de ácidos orgánicos, adicional al efecto causado por la adecuada aireación suministrada a la pila ya que como se reporta en la bibliografía a mayor concentración de oxígeno, menor concentración de ácidos, con un aumento rápido de pH [13]. Una vez que la cantidad de sustrato fue limitante, la actividad de las bacterias descendiendo y el pH se neutralizó, lo cual también está correlacionado con el incremento del nitrógeno en forma de NO_3^- y también por la generación del CO_2 formados durante la descomposición ya que una parte se emite a la atmósfera y otra se disuelve en el agua formando bicarbonatos y carbonatos. El Testigo no muestra un perfil definido teniendo variaciones durante todo el proceso derivado del exceso de humedad fomentando condiciones de anaerobiosis, en la cual los ácidos orgánicos se fermentan por microorganismos anaerobios [14].

3.3 Humedad en pilas de compostaje.

El contenido de humedad en base húmeda Hbh que se registró al inicio del proceso fue de 46.4, 43.8 y 45.5% Hbh para P1, P2 y P3 respectivamente. Disminuyó gradualmente, mostrando un porcentaje promedio en la etapa termófila de 40.6, 38.3 y 39% Hbh respectivamente, sin tener variaciones significativas entre dichas pruebas. Al final del proceso fue de 20.9% para P1, 21.5% para P2 y 20.5% para P3, resultados similares fueron obtenidos por [15]. El Testigo presentó los valores más elevados, durante la fase de termófila, de 43% a 21.5% y con una media de 30.9%.

3.4 Análisis finales de calidad de la composta.

Los cambios observados fueron el resultado de los procesos enzimáticos de los diferentes microorganismos aerobios presentes en cada pila; entre los cuales se encuentran las bacterias, hongos y actinomicetos, que conducen la biodegradación por rutas metabólicas que permiten la obtención de un producto lo más apropiado para su uso como abono, en el menor tiempo posible [16]. Los resultados de los análisis de las variables de respuesta fisicoquímicas se muestran en la Tabla 1, comparando con la normatividad mexicana.



Tabla 1. Caracterización de las pilas de compostaje. Variables de respuestas fisicoquímicas y microbiológicas.

PARÁMETRO	%MO	%COT	%N	C/N	%P	K/Na	pH	CF bs UFC/g	HH bs ⁺ /g
NORMA	^b NTEA-006-SMA-RS-2006		^a NMX-FF-109-SCFI-2008			^b NTEA-006-SMA-RS-2006			
ESPECIFICACIÓN	> 15	*NA	1-4	< 12	> 0.1	> 2.5	6.5-8.0	≤ 1000	< 10
TESTIGO	5.79	3.40	0.77	4.02	0.15	4.37	8.0	0	<1
P1	24.60	14.20	1.60	8.90	0.10	15.50	7.0	0	<1
P2	17.50	4.33	0.59	7.40	0.13	9.30	7.0	0	<1
P3	17.30	10.01	1.16	8.60	0.13	4.80	7.0	0	<1

Fuente: Límites referenciados a ^a[7] ^b[8]. K/Na: relación Potasio-Sodio. *NA: no se tiene límite establecido en la norma citada. ⁺HH bs Huevos de helminto en base seca viables.

El contenido de MO en la composta es fundamental ya que se considera como principal factor para determinar su calidad. Durante el proceso de compostaje la MO tiende a disminuir debido a la mineralización y a la consiguiente pérdida de carbono en forma de CO₂ [20]. Los resultados obtenidos de MO en las pruebas realizadas oscilan entre 24.60 y 17.50% en P1 y P2 respectivamente, resultados similares fueron obtenidos por [12]-[18]; el Testigo tuvo el valor más bajo con 5.79%. Este descenso ocurre por la degradación de los materiales carbonáceos a moléculas simples, algunas de las cuales se reagrupan para formar moléculas complejas dando lugar a los ácidos húmicos; otros materiales más resistentes como la celulosa, hemicelulosa y la lignina son degradados lentamente y/o transformados en compuestos húmicos, generalmente éstos no finalizan durante el tiempo que dura el compostaje [17].

Otro parámetro importante para determinar la calidad de una composta es la relación C/N, que engloba la cantidad de material carbonáceo y de N asimilable, necesarios porque forman parte de los nutrientes que definirán su uso como abono. La relación C/N obtenida en las pruebas, estuvo entre 7.40 y 8.90 para el P2 y P1 respectivamente; por lo que las pruebas se encuentra dentro del intervalo del objetivo y del intervalo establecido de la norma técnica NTEA-SMA-RS-2006 [18]-[12]. El COT es un parámetro importante para calcular la relación C/N; en la investigación se obtuvieron valores en un intervalo de 4.33 a 14.24%; como [18] que reporta valores de 9.8% utilizando biosólidos y cachaza [12] quien reporta 8.3% utilizando biosólidos.

El fósforo es el tercer elemento básico constituyente de las biomoléculas y, por lo tanto necesario como nutriente de los organismos en cualquiera que sea la forma de ingesta. La NTEA-006-SMA-RS-2006 especifica >0.10%. Los valores obtenidos en las pruebas fueron de 0.10 y 0.13%, para P1, P2 y P3 respectivamente; estos valores se encuentran influenciados por la variación en las proporciones de los materiales, ya que en el Testigo y en la P1 se aprecian los valores más bajos en comparación con la P2 y P3, esto es debido a que los biosólidos se caracterizan por ser ricos en este elemento en comparación con los RSO.

La relación K/Na fue determinada dado que el sodio es considerado un importante competidor con el potasio, si existe sodio intercambiable en las arcilla puede alcalinizar y provocar la sodificación de los suelos. La NTEA-006-SMA-RS-2006 establece una relación K/Na de 2.5, la relación más alta obtenida fue de 15.50 para la P1 y la más baja de 4.37 en el Testigo, sin embargo, todas por arriba de lo especificado en norma.



En relación al pH, en todas las pruebas fue de 7.0 valor recomendado para lograr un óptimo proceso de compostaje según [19]. En estos valores de pH se puede suponer una buena disponibilidad de la mayoría de los nutrientes principalmente N, P y K ya que de acuerdo con el diagrama de Troung los valores de pH en que se presenta la mayor asimilación de nutrientes en suelo es a valores de 6.0 a 7.5, y a valores de pH de 8.0 a 8.5 disminuye para el caso del N y P, no así para el K.

En los análisis microbiológicos no se presentó crecimiento de colonias azules características de los Coliformes Fecales, lo que indica que el proceso en dichas pilas alcanzó las condiciones de temperatura apropiadas para su muerte. Respecto a los análisis parasitológicos, el recuento de Huevos de Helminto viables al final del proceso fue de cero en todas las pilas, lo que resalta la acción sanitizante del compostaje.

4. CONCLUSIONES

De las pruebas realizadas, la P1 obtuvo los mejores resultados en cuanto a la relación C/N, MO y fósforo, logrando finalizar el proceso de compostaje en un tiempo menor a 31 días.

En las pruebas realizadas se alcanzaron temperaturas que permitieron eliminar las colonias de microorganismos patógenos del grupo CF y de parásitos (HH). Por lo que el producto da cumplimiento a la NTEA-006-SMA-RS-2006.

Los resultados fisicoquímicos confirman que las variables de control de temperatura, pH y % humedad son confiables para el control del proceso de compostaje.

Se obtuvo una reducción en peso de los biosólidos y RSO en aproximadamente un 70%, lo que permitió utilizar un área menor para almacenamiento del producto, así como la valoración de los residuos, por lo que la investigación muestra la viabilidad de esta alternativa de tratamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Campos M.E., García R.N., Velásquez R.A. y García F.M. 2009. "Análisis básico del reúso de lodos residuales de una planta de tratamiento de aguas residuales en suelos de pradera del Parque Nacional Nevado de Toluca". *Quivera*, 11:2. México. ISSN (Versión impresa):1405-8626. pp. 35-51.
- [2] Tchobanoglous G. Theisen H. y Vigil S. 1998. *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Vol. 1. Ed. Mc Graw Hill. 1087pp.
- [3] SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2012. Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambiental. [Consulta: 15 Octubre 2012]. http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/07_residuos/cap7_1.html
- [4] CONAGUA 2012. 2013. [Consulta: 15 Noviembre 2012]. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAPDSINVENTRIO%202011%20FINAL.pdf>.
- [5] Boulter J.I., Boland G.J. y Trevors J.T. 2000. "Compost: A study of the development process and end-product potential for suppression of turfgrass disease. Review". *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 16. pp.115-134
- [6] SEMARNAT 2002.[Consulta: 15 Octubre 2012]. <http://www.semarnat.gob.mx/leyesy normas/docu ments/html/lodos>
- [7] SAGARPA 2008. 2013. [02/Agosto/2012]. <http://www.ordenjuridico.gob.mx/federal/pe/apf/apc/sagarpa/normas/oficiales/mx-ff-109-scfi-2007.pdf>.
- [8] SMA. Secretaría del Medio Ambiente 2006. [11/Junio/2012]. <http://www.edomex.gob.mx/legistelfon/doc/pdf/gct/2009/may211.PD>.



- [9] Secretaría de Economía. 2013 [Consulta: 20 Junio 2012]. <http://www.economia-nmx.gob.mx/normasmx/index.nmx>.
- [10] Hoog, D. 2002. "Comparison of compost standards within the EU, North America and Australasia. Banburg", Oxon. (Main Report Section 3). pp. 41
- [11] Prescott L.M., Harley J.P. y Klein D.A. *Microbiology*. 7va. ed. 2008. Editorial: McGraw-Hill/Interamericana. España. pp.1124.
- [12] Franco Archundia F. 2013. "Composteó de lodos residuales utilizando arcilla como sustrato de inóculo". Tesis de Licenciatura. Ingeniería Química con especialidad en área Ambiental. Instituto Tecnológico de Toluca. Toluca, México.
- [13] Cariello M.E., Castañeda L., Riobo I. y González J. 2007. "Inoculante de microorganismos endógenos para acelerar el proceso compostaje de residuos sólidos urbanos". *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal*. Vol. 7(3). pp. 26-37.
- [14] Madigan, M. T., Martinko, J. M., Stahl D. y Clark D.P. 2004. *Brock biología de los microorganismos*. 10va. ed. Ed. Prentice Hall, ISBN: 8420536792, 9788420536798. pp. 1011.
- [15] Ho C.P., Yuan S.T., Jien S.H. y Hseu Z.Y. 2010. "Elucidating the process of co-composting of biosolids and spent activated clay". *Bioresource Technology*. Vol. 101 (21). pp. 8280–8286.
- [16] Uicab, L.A. Brito, Sandoval Castro, C.A.2003. "Uso del contenido ruminal y algunos residuos de la industria cárnica en la composta". *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, Vol. 2. pp. 45-63.
- [17] Manahan Stanley E. 2007. *Introducción a la química ambiental*. 1ra. ed. Ed. Reverté. México. 547.
- [18] Torres, P., Pérez A., Escobar J.C., Uribe I.E., Imery R. 2007. "Compostaje de biosólidos de plantas de tratamiento de aguas residuales". *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*. Vol. 27(1), pp. 267-275.
- [19] Kiely G. 1999. *Tratamientos de Residuos Sólidos*. En: Ingeniería Ambiental. Ed. A. García. Mc Graw Hill Interamericana de España, S.A.U. España, pp. 843-931.

[Índice](#)



Efecto de la adición de Lodos Residuales en las Propiedades Bioquímicas de Suelo

¹Jorge Lugo, Rocio Vaca, Pedro Del Aguila

¹ Laboratorio de Edafología y Ambiente, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México.
Instituto Literario 100, Centro. Toluca 50,000. México. Tel. (722) 2965556 jorgelug@gmail.com.mx

RESUMEN

Actualmente el uso de lodos residuales (LR) como acondicionadores de suelos agrícolas es más común, debido al bajo costo en su manejo y por ser una fuente de materia orgánica y nutrimentos para las plantas; sin embargo, la presencia de elementos potencialmente tóxicos hace necesario que se evalúe su impacto en el suelo. Diversos estudios han mostrado que las propiedades bioquímicas son un buen indicador de los cambios que se producen en el suelo; por lo que, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto temporal de diferentes dosis de lodo residual sobre las propiedades bioquímicas de un suelo agrícola del valle de Toluca a nivel laboratorio. Se adicionaron 0 (S_0), 18 (S_{18}) y 36 (S_{36}) t/ha de LR a un suelo Cambisol y se evaluó la respiración basal (RB), carbono de la biomasa microbiana (CBM), coeficiente metabólico (qCO_2), actividad de ureasa y catalasa a 15, 30 y 45 días después de la adición. Se encontró que S_{36} presentó los valores más altos de RB y CBM seguido de S_{18} y S_0 ; en cuanto al tiempo, a los 15 días de adicionado LR se presentaron los valores más altos de RB ($p < 0.05$). La adición de LR provocó estrés en el suelo a los 15 días después de su aplicación (valores más altos de qCO_2 respecto a S_0 ; sin embargo a los 45 días el suelo adicionado con LR regresa a las condiciones iniciales de S_0 . La actividad de la catalasa disminuyó con la adición de LR mientras que la de ureasa aumentó ($p < 0.05$).

Palabras Clave: Cambisol, Enzimas, Cociente metabólico.

1. INTRODUCCIÓN

Los lodos residuales son materiales orgánicos producidos durante el tratamiento de aguas residuales. La eliminación segura de los lodos residuales es uno de los principales problemas ambientales no solo a nivel nacional sino a nivel mundial. El destino final que se da actualmente a estos residuos es muy variado y va desde incineración, vertido al mar, depósito en vertederos y aplicación al suelo; sin embargo, varios investigadores señalan que el depósito en vertederos y la aplicación al suelo de los residuos orgánicos son los métodos más económicos de eliminación [1].

Estos residuos presentan un contenido considerable de materiales biodegradables, su adición al suelo es una mejor alternativa para su eliminación, así mismo, contribuye al acondicionamiento del suelo, propiciando la formación de biomasa microbiana, activando la liberación de nutrientes esenciales como el nitrógeno, fósforo y potasio, entre otros.

A pesar de la creciente preocupación por la degradación del suelo, la disminución en su productividad y de su impacto en el bienestar de la humanidad y el ambiente, aún no hay criterios universales para evaluar los cambios que se producen en él. El funcionamiento de un suelo depende de una gran cantidad de propiedades involucradas tanto físicas, químicas y bioquímicas, y debido a la dificultad de considerar todas las propiedades, es necesario realizar una selección para evaluar el éxito de las prácticas de manejo adecuadas con el ambiente en general, y con el suelo en particular [2-4].

Algunos parámetros que se han evaluado son los bioquímicos generales como; el carbono de la biomasa microbiana, actividad de la deshidrogenasa, respiración del suelo, capacidad de mineralización del nitrógeno, contenido de ATP; otros consideran los parámetros bioquímicos específicos, tales como las actividades enzimáticas del suelo; por ejemplo, la actividad ureasa o fosfatasa [4].



El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto temporal de diferentes dosis de lodo residual sobre las propiedades bioquímicas de un suelo agrícola del valle de Toluca a nivel laboratorio.

2. METODOLOGÍA

2.1 Descripción del sitio de muestreo

La zona de muestreo pertenece a la Facultad de Ciencias Agrícolas de la UAEMéx, es manejada para cultivos de maíz. Estos terrenos se encuentran dentro del municipio de Toluca. El relieve dominante es lomerío. La geología predominante son rocas de origen ígneo, extrusivas e intrusivas. En cuanto a la Edafología predomina el suelo Vertisol. El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano $C(w_2)$ (w), el de mayor humedad y la temperatura media anual va de 12 a 16° C [5].

2.2 Muestreo de suelo y lodo residual

Se colectaron muestras compuestas de suelo del horizonte Ap (0-20 cm) con pala aplicando un muestreo sistemático. El lodo residual se obtuvo del filtro prensa de la planta de tratamiento de aguas residuales municipales Toluca Norte, perteneciente a Operadora de Ecosistemas S.A. de C.V. Las muestras de suelo y lodo residual se pusieron a secar a temperatura ambiente, se homogenizaron, molieron y pasaron por un tamiz de 2mm, posteriormente se llevó a cabo la caracterización de suelo y lodo mediante los análisis físicos y químicos, estos se realizaron por triplicado.

2.3 Diseño experimental

Se prepararon mezclas de 800g de suelo con lodo residual en dosis de, Suelo (S_0) (0 t ha^{-1}); Suelo-Lodo baja (S_{18}) (18 t ha^{-1}) y, Suelo-Lodo alta (S_{36}) (36 t ha^{-1}) Se adicionó agua a capacidad de campo, se homogenizó la muestra y se incubaron a 25°C por 15, 30 y 45 días respectivamente. Finalmente de cada tratamiento se tomaron muestras a los 15, 30 y 45 días (tiempo de incubación) después de la aplicación de lodo residual para posteriormente realizar los análisis bioquímicos por triplicado en cada una de las dosis y días posteriores a la aplicación del lodo residual.

2.4 Análisis de laboratorio

2.4.1 Propiedades bioquímicas del suelo

Se midió nitrógeno total por digestión en el aparato Kjeldahl, método AS-25 [6], Nitrógeno Inorgánico mediante extracción con KCl 2N, método AS-08 [6], carbono de la biomasa microbiana por el método de fumigación-extracción [12] respiración por el método de jarras cerradas [7]. La actividad de la ureasa según el método de [8], la actividad catalasa según el método de medida del H_2O_2 residual mediante permanganatometría [8].

2.5 Análisis estadísticos

Se realizó una MANOVA y prueba de Tukey para detectar y comparar si existían diferencias significativas en las propiedades bioquímicas en función de las dosis de lodo residual y tiempos de incubación empleados, así mismo para conocer si existía una interacción entre estos dos últimos. Posteriormente si se encontraban diferencias significativas en interacción se realizó un ANOVA y prueba de Tukey para conocer la mejor combinación (mejor interacción tiempo x tratamiento), para todo ello se utilizó un nivel de confianza del 95% y se realizó en el paquete estadístico Statgraphics plus 5.0.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Mineralización del Nitrógeno

A los 15 días después de la adición del lodo residual al suelo se observó que los valores de N inorgánico total, NH_4^+ , NO_2^- y NO_3^- fueron más altos para S_{36} , seguido de S_{18} y S_0 (Tabla 1). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) para N inorgánico total y NH_4^+ con respecto al tratamiento. En el caso de NO_2^- y NO_3^- , no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$).

A los 30 días, S_{36} presentó los valores más altos de N inorgánico total y NH_4^+ seguido de S_{18} y S_0 . Sin embargo el NO_2^- y NO_3^- fue más alto para S_{18} seguido de S_{36} y S_0 . Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) para N inorgánico total y NH_4^+ con respecto al tratamiento. En el caso de NO_2^- y NO_3^- , no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$).

Tabla 1. Nitrógeno inorgánico total después de la adición del lodo.

Tiempo	Tratamiento	N Inorgánico	NH_4^+	$\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$
		$\mu\text{g N g}^{-1}$	$\mu\text{g N g}^{-1}$	$\mu\text{g N g}^{-1}$
15 días	S_0	18.67 ^D	11.88 ^C	6.79 ^c
	S_{18}	54.04 ^{BC}	43.90 ^B	10.13 ^c
	S_{36}	138.19 ^A	121.13 ^A	17.06 ^c
30 días	S_0	28.78 ^{CD}	10.47 ^C	18.31 ^b
	S_{18}	45.18 ^{BCD}	18.60 ^C	26.57 ^b
	S_{36}	46.26 ^{BCD}	24.49 ^C	21.77 ^b
45 días	S_0	37.25 ^{BCD}	13.30 ^C	23.95 ^a
	S_{18}	63.02 ^B	15.12 ^C	47.89 ^a
	S_{36}	66.43 ^B	22.99 ^C	43.43 ^a

Mayúsculas= Letras diferentes en la columna denotan diferencias significativas en la interacción Tiempo-Tratamiento ($p < 0.05$).

Minúsculas= Letras diferentes en la columna denotan diferencias significativas en Tiempo ($p < 0.05$).

A los 45 días, S_{36} presentó los valores más altos de N inorgánico total y NH_4^+ , seguido de S_{18} y S_0 . Sin embargo, el NO_2^- y NO_3^- fue más alto para S_{18} seguido de S_{36} y S_0 . Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) para N inorgánico total y NH_4^+ con respecto al tratamiento. En el caso de NO_2^- y NO_3^- , no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$).

Con relación al tiempo de incubación (15, 30 y 45 días) se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en el contenido de N inorgánico total, NH_4^+ , NO_2^- y NO_3^- . Para N inorgánico total los valores más altos se presentaron a los 15 días seguidos de 45 y 30 días. El NH_4^+ tuvo sus valores más altos a los 15 días seguido de 30 y 45 días. Los NO_2^- y NO_3^- presentaron los valores más altos a los 45 días seguidos de 30 y 15 días. El proceso de mineralización del nitrógeno, es fundamental para la asimilación de los nutrientes por los vegetales y microorganismos del suelo.

Igualmente, N inorgánico total y NH_4^+ presentaron interacción Tiempo-Tratamiento ($p < 0.05$, Tabla 2), en ambos el mejor tiempo fue a los 15 días con dosis altas (S_{36}). En el caso de los NO_2^- y NO_3^- no presentaron interacción.

La tasa de descomposición del lodo está influenciada por el tipo y cantidad del mismo, así como, la temperatura, pH, humedad y el tiempo de aplicación; en general, se ha reportado que la tasa de descomposición es rápida en los primeros 28 días después de la incorporación del lodo en el suelo [9-10].

3.2 Carbono biomasa microbiana, respiración basal

En la tabla 2, se observa el contenido de carbono de la biomasa microbiana por tratamiento S₀, S₁₈ y S₃₆ a los 15, 30 y 45 días de incubación; estadísticamente no se encontraron diferencias significativas en cuanto al tratamiento y al tiempo. No obstante, se puede observar que el valor más alto se obtuvo a los 45 días de incubación en el tratamiento S₃₆. En general, los valores más altos se presentaron en S₃₆ para los tres tiempos, seguido de S₀ que presentó valores más altos con respecto a S₁₈ a los 15 y 45 días de incubación, solo a los 30 días de incubación el S₁₈ fue mayor.

Tabla 2. Carbono de la Biomasa Microbiana (C_B), Respiración Basal (R_B) y Cociente Metabólico Microbiano (qCO₂), después de la adición del lodo.

Tiempo	Tratamiento	C _B	R _B	qCO ₂
		µg g ⁻¹	µg g ⁻¹ h ⁻¹	µg mg ⁻¹ h ⁻¹
15 días	S ₀	569.11	2311.62 ^{aC}	2.72
	S ₁₈	514.63	2712.14 ^{aB}	3.52
	S ₃₆	623.91	3039.91 ^{aA}	3.26
30 días	S ₀	478.43	2164.76 ^{bC}	3.02
	S ₁₈	593.9	2439.49 ^{bB}	2.75
	S ₃₆	608.18	2713.35 ^{bA}	2.98
45 días	S ₀	621.72	2261.92 ^{cC}	2.43
	S ₁₈	537.75	2078.87 ^{cB}	2.58
	S ₃₆	804.57	2631.82 ^{cA}	2.19

Minúsculas= Letras diferentes en la columna denotan diferencias significativas en Tiempo (p < 0.05).

Mayúsculas= Letras diferentes en la columna denotan diferencias significativas en Tratamiento (p < 0.05).

En general y de acuerdo con otras investigaciones [11-13] la adición de lodos residuales no siempre supone un aumento de la biomasa microbiana, pero si puede aumentar la actividad microbiana del suelo, la respiración basal y las actividades enzimáticas, lo que corresponde con lo encontrado en el presente trabajo. En general el qCO₂ es más elevado cuanto más alto es el estrés del ecosistema, debe interpretarse con cautela, ya que un coeficiente más elevado no solo puede indicar un mayor nivel de estrés, sino también, un ecosistema inmaduro o un sustrato fácilmente mineralizable, en general los valores más altos se presentaron en el tratamiento S₁₈ y S₃₆ a los 15 días de incubación seguido de S₀ a los 30 días, lo que indica mayor estrés de los microorganismos del suelo, por la adición de material orgánico (Pascual, 2007).

3.3 Enzimas

En la Tabla 3, se observan las actividades enzimáticas de la catalasa y ureasa por tratamiento S₀, S₁₈ y S₃₆ a los 15, 30 y 45 días de incubación. En conjunto, la actividad enzimática de la catalasa presenta su valor más alto para el tratamiento S₀ a los 45 días de incubación, seguido de S₃₆ a los 15 y 30 días de incubación respectivamente.

Tabla 3. Actividad enzimática, después de la adición del lodo.

Tiempo	Tratamiento	Catalasa	Ureasa
		mmol H ₂ O ₂ g ⁻¹ h ⁻¹	µg N-NH ₄ g ⁻¹ h ⁻¹
15 días	S ₀	0.455 ^C	0.012 ^D
	S ₁₈	0.590 ^{BC}	0.030 ^{ABC}
	S ₃₆	0.655 ^A	0.043 ^A
30 días	S ₀	0.562 ^{BC}	0.018 ^{CD}
	S ₁₈	0.456 ^C	0.027 ^{BC}
	S ₃₆	0.648 ^A	0.037 ^{AB}
45 días	S ₀	0.667 ^A	0.018 ^{CD}
	S ₁₈	0.556 ^{BC}	0.019 ^{CD}
	S ₃₆	0.516 ^{BC}	0.021 ^{CD}

Mayúsculas= Letras diferentes en la columna denotan diferencias significativas en la interacción Tiempo-Tratamiento ($p < 0.05$).

Estadísticamente la adición de lodos no refleja diferencias significativas en la actividad enzimática de la catalasa del suelo en cuanto a tiempo y tratamiento, no así, para la interacción Tiempo-Tratamiento ya que al combinarse, estas variables, reflejan diferencias estadísticamente significativas, siendo la que mayor actividad catalasa produjo S₀ a 45 días de incubación, seguido de S₃₆ a 15 y 30 días de incubación; y la que menor actividad catalasa presentó S₀ a 15 días de incubación ($p < 0.05$).

Referente a la actividad enzimática de la ureasa (Tabla 4) se puede apreciar que los valores más altos se presentan en el tratamiento S₃₆ a los 15 y 30 días de incubación, seguido de S₁₈ a los 15 días de incubación, así mismo se puede apreciar que los valores más bajos de la actividad de la ureasa se presentaron en el tratamiento S₀ en los tres tiempos de incubación.

4. CONCLUSIONES

La adición de lodos residuales al suelo y el tiempo de incubación incrementó significativamente la respiración basal del suelo, el carbono biomasa microbiana y el qCO₂ no presentaron diferencias significativas, mientras que para la mineralización del Nitrógeno y para las actividades enzimáticas de la catalasa y ureasa se vieron diferencias con respecto al tiempo y tratamiento y estas fueron 15 días y S₃₆ respectivamente.

REFEENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Singh R.P. y M. Agrawal. 2008. Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. *Waste Management*. Vol. 28, No. 2, pp. 347–358.
- [2] Karlen D.L., Ditzler C.E. y Andrews S.S. 2003. Soil quality: Why and How. *Geoderma*. Vol. 114, pp. 145–156.
- [3] Bautista C.A., Etchevers B.J., del Castillo R.F. y C. Gutiérrez. 2004 La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas*. Vol. 13, No. 2, pp. 90-97.
- [4] Gil-Sotres F., Trasar-Cepeda C., Leiro's M.C. y S. Seoane. 2005. Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties. *Soil Biology & Biochemistry*. Vol. 37, pp. 877- 887.
- [5] INEGI. 2009. Prontuario de Información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Toluca, México.



- [6] NOM-021-RECNAT- 2001. Norma Oficial Mexicana. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- [7] Alef K. y Nannipieri P., 1995. *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press. USA.
- [8] Trasar-Cepeda, C., Leiros, M.C., García Fernández, F., Gil-Sotres, F., 2003. *Propiedades Bioquímicas de los suelos gallegos: su utilización como indicadores de calidad del suelo*. Mundi Prensa. España.
- [9] Kelley W.D., Martens D.C., Reneau R.B. y Simpson T.W., 1984. *Agricultural Use of Sewage Sludge: A Literature Review*. Virginia Water Resources Research Center, Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, Virginia, USA.
- [10] Rosenani A.B., Kala D.R. y Fauziah C.I., 2008. Characterization of Malaysian sewage sludges and nitrogen mineralization in three soils treated with sewage sludge. *Malaysian Journal of Soil Science*. Vol. 12, pág. 103-112.
- [11] García C. y Hernández M. T., 2000. *Investigación y perspectivas de la enzimología de suelos en España*. Consejo superior de investigaciones Científicas. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura. Murcia, España.
- [12] Fernandes P.S.A., Bettiol W. y Clementi C.C., 2005. Effect of sewage sludge on microbial biomass, basal respiration, metabolic quotient and soil enzymatic activity. *Applied Soil Ecology*. Vol. 30, pág. 65–77.
- [13] Kizilkaya Ridvan y Bayrakli Betul. 2005. Effects of N-enriched sewage sludge on soil enzyme activities. *Applied Soil Ecology* Vol. 30, pág. 192–202.
- [14] Pascual I., Antolín C.M., García C., Polo A. y Sánchez D.M., 2007. Effect of water deficit on microbial characteristics in soil amended with sewage sludge or inorganic fertilizer under laboratory condition. *Bioresource Technology*. Vol. 98. pág. 29-37.

[Indice](#)



La corriente de los Residuos Tecnológicos generados en un Ciber establecido en el Municipio de Lerma, México.

¹Socorro Pedroza Benitez, ²Alejandro Tzompantzi Sánchez, ¹Elizabeth Martínez López, ¹Brenda Saraí Esquivel Vázquez, ¹Brenda Valle Martínez, ¹Guillermina Gómez Beltrán

¹Universidad Tecnológica del Valle de Toluca. Carretera del Departamento del D.F. km 7.5, Santa María Atarasquillo, Lerma, México. C.P. 52044. Tel. 7282859552 ext.222. ²Universidad Tecnológica de Puebla. pedrozabs@yahoo.com.mx

RESUMEN

Los residuos tecnológicos se clasifican como Residuos de Manejo Especial y están enmarcados dentro de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR). La problemática que presentan radica principalmente en su contenido de elementos y sustancias cancerígenas altamente tóxicas que además no son fácilmente biodegradables, ya que poseen, entre otros contaminantes, metales pesados como cadmio, plomo y níquel, además de mercurio y plásticos bromados. El objetivo de este proyecto fue evaluar la corriente de los residuos tecnológicos generados en un ciber piloto ubicado en el municipio de Lerma, Estado de México para determinar si se manejan de manera adecuada, en base a la normatividad ambiental vigente. Se realizó un seguimiento puntual del manejo que se le da a estos residuos así como de la disposición final de sus componentes, encontrando que son manejados de manera adecuada, de acuerdo a la LGPGIR. Aunque el establecimiento piloto es pequeño, las personas involucradas están comprometidas con dicha actividad, ya que los residuos generados son almacenados y transportados a un centro de acopio para su aprovechamiento ecológico y social, y los remanentes se llevan a un sitio de disposición final para evitar daños al medio ambiente. Este ejemplo puede ser extrapolado a los ciberns del área, los cuales son numerosos, y con ello lograr un manejo ambiental adecuado de los mismos.

Palabras Clave: Computadoras, Flujo de residuos, Manejo especial.

1. INTRODUCCIÓN

Los residuos tecnológicos están dentro de la clasificación de Residuos de Manejo especial que están enmarcados dentro de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), en el artículo 19 apartado VIII se indica que son todos aquellos provenientes de las industrias de la informática, fabricantes de productos electrónicos o de vehículos automotores y otros que al transcurrir su vida útil, por sus características, requieren de un manejo específico. Otra ley relacionada con los residuos es la Ley No. 1672 que indica la gestión de los Residuos electrónicos y eléctricos en donde se indican las responsabilidades del productor, consumidor y del gobierno en el país.

En Latinoamérica, la Industria Tecnológica ha mantenido un crecimiento sostenido en las últimas décadas, generando importantes impactos positivos en varios niveles: disminución de la brecha digital, mejoras en los procesos productivos, competitividad de la industria, entre otras. Ello ha contribuido a aumentar los recursos económicos y mejorar los estándares de vida en los países de la región. Sin embargo, la actualización constante de la tecnología, asociado al fin de la vida útil de los productos, ha generado volúmenes cada vez mayores de una corriente específica de residuos [1].

Al ser un producto, los aparatos electrónicos tienen un periodo de vida muy corto, se convierten en basura rápidamente lo cual conlleva a situaciones perjudiciales para el medio ambiente y para la salud humana, siendo el problema de los residuos electrónicos cada vez más grave.

La preocupación por esta clase de residuos se debe a que estos tienen una serie de particularidades que los diferencian de otros desechos como los domiciliarios sólidos y los peligrosos, destacándose dentro de estas las siguientes: riesgo de impactos al ambiente, sus volúmenes, ritmo acelerado de crecimiento, y su valor intrínseco[2].

De acuerdo con el Diagnóstico sobre la Generación de Basura Electrónica en México, la generación nacional anual de residuos electrónicos (entre los que se incluyen televisores, computadoras de escritorio y portátiles, equipo de audio y

teléfonos celulares) se estimó entre 150 mil y 180 mil toneladas [3]. Sin embargo actualmente en México solo se procesa el 7% de los residuos peligrosos que se generan, pues no se cuenta con la tecnología adecuada para tratar o eliminar adecuadamente dichos desechos, y el resto de la basura electrónica termina en rellenos sanitarios o en tiraderos a cielo abierto.

El problema de los residuos tiene sus orígenes en dos puntos fundamentales: la excesiva generación, que rebasa la capacidad de los municipios para recolectar y manejar adecuadamente los residuos, y el inadecuado manejo de los mismos a través de tecnologías contaminantes o tecnologías adecuadas pero mal aplicadas para su tratamiento [4]. Desafortunadamente, al no atender los puntos mencionados, se generan implicaciones ambientales serias como; la contaminación de cuerpos de agua, de suelo y atmósfera, cabe resaltar que una tonelada de basura contiene una carga orgánica de contaminantes equivalente a las aguas negras generadas por cinco mil personas, y produce al menos 280 metros cúbicos de gases de efecto invernadero.

Por ende, estos residuos no deben llegar a un relleno sanitario ya que al estar bajo condiciones de presión, ser destruidas por pepenadores para recuperar los elementos económicamente valiosos, o estar en contacto con corrosivos, emiten las sustancias peligrosas que contienen contaminando agua, aire y suelo y pudiendo provocar daños severos a la salud como problemas neurotóxicos, daños renales, desarrollo mental deficiente, daños en la tiroides y cáncer.

2. METODOLOGÍA

El presente trabajo se realizó con la información de un establecimiento (ciber piloto) ubicado en el municipio de Lerma, Estado de México (Figura 1). Se inicio con una entrevista, que permitió obtener los datos generales del establecimiento y el uso que se les da a los residuos electrónicos al finalizar su ciclo de vida. Posteriormente se identifico el sitio donde son dispuestos los residuos electrónicos, y se dio seguimiento a la clasificación, reutilización y reúso de cada uno de los componentes hasta su destino final.



Figura 1. Ciber piloto ubicado en Lerma, estado de México

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La entrevista realizada en el establecimiento indicó que anualmente se desechan de 5 a 10 equipos (monitor, teclado y mouse). Estos residuos (Figura 2) son llevados a un centro de acopio ubicado en el centro del mismo municipio en donde generalmente se recaban más de 50 equipos de cómputo mensualmente.



Figura 2. Residuos del ciber piloto

El centro de acopio (Figura 3) se encarga de desarmar las computadoras, con la finalidad de separar los componentes que aún sirven y utilizándolos para reparar equipos dañados o armar nuevos equipos.

Los materiales catalogados como valorizables (plásticos y metales) son separados para su posterior venta. Los plásticos se clasifican en PVC (policloruro de vinilo) y ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) y las partes hechas con la mezcla de estos. También se revisa si no contienen material inflamable, y finalmente se vende a los fabricantes de zapatos en San Mateo Atenco para ser usados como base para fabricar tacones.



Figura 3. Centro de acopio

Los componentes que no pueden ser reutilizados son clasificados por componentes (tarjetas madre, discos duros, etc) y almacenados en el establecimiento, procurando que este tiempo no sea mayor a 1 mes. Posteriormente son transportados a la empresa Ecoasteca para su disposición final.

Los residuos que llegan a la empresa Ecoasteca son sometidos a procedimientos químicos para separar los elementos tóxicos y dar un tratamiento adecuado de acuerdo lo establecido en la LGPGIR en materia de manejo de residuos peligrosos.

Aunque el establecimiento piloto es pequeño, las personas involucradas están comprometidas con dicha actividad, ya que los residuos generados son almacenados y transportados a un centro de acopio para su aprovechamiento ecológico y social, y los remanentes se llevan a un sitio de disposición final para evitar daños al medio ambiente. Este ejemplo puede ser extrapolado a los cibers del área, los cuales son numerosos, y con ello lograr un manejo ambiental adecuado de los mismos.



4. CONCLUSIONES

Para el caso del ciber piloto analizado en este trabajo, se puede concluir que la corriente de los residuos tecnológicos es manejada de manera adecuada ya que de acuerdo a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos indica en el artículo 5 apartado XXXIV que los residuos de manejo especial están catalogados como responsabilidad compartida mediante el cual se reconoce que los residuos de manejo especial son generados a partir de la realización de actividades que satisfacen necesidades de la sociedad, mediante cadenas de valor tipo producción, proceso, envasado, distribución, consumo de productos, y que, en consecuencia, su manejo integral es una corresponsabilidad social y requiere la participación conjunta, coordinada y diferenciada de productores, distribuidores, consumidores, usuarios de subproductos, y de los tres órdenes de gobierno según corresponda, bajo un esquema de factibilidad de mercado y eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social; por lo cual el ciber piloto cumple con la normatividad vigente ya que los residuos generados son llevados a un centro de acopio para su aprovechamiento ecológico y social evitando así daños al ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Garcés Paredes, D. La responsabilidad extendida del productor como elemento de desarrollo sostenible en la industria tecnológica. 2012. Revista NEJ – Electrónica. Vol. 17(1) pp. 101-112.
- [2] Reyna Musso, Laura A. (2012). Una experiencia masiva de reciclado de equipamiento informático. Memoria Congreso Técnico ARGECON.
- [3] Semarnat. Estudio de análisis, evaluación y definición de estrategias de solución de la corriente de residuos generados por electrodomésticos al final de su vida útil. México. 2010.
- [4] Profepa, Semarnat. Informe Anual Profepa 2010. México. 2011.

[Indice](#)



Asignación de valor a los Residuos Sólidos Urbanos en el Instituto Tecnológico de Puebla

¹ Luis Ricardo Morales Juárez, ²Josefina Sánchez Aguilar, ³María de la Cruz Campos Vázquez ⁴ Luis Enrique Moya Pineda

¹Instituto Tecnológico de Puebla, Av. Tecnológico No, 420. Col. Maravillas,
01 222 2 29 88 75, cscbasicasitpuebla@gmail.com, maicu1@yahoo.com

RESUMEN

El asignar valor económico-ambiental a los residuos sólidos urbanos (RSU), considera un cambio en el comportamiento de la comunidad del Instituto Tecnológico de Puebla, ya que clasificarlos permite que sean reutilizados o reciclados y a su vez propician un beneficio económico y un menor impacto ambiental.

Caracterizar los residuos y determinar el grado de apropiación del programa de manejo de RSU establecido para su valoración permiten tener un modelo que sea útil y aceptado por los generadores, por lo que se establecen estos como objetivos.

Para la elaboración de este trabajo se plantean tres momentos: evaluación diagnóstica para identificar el manejo, tipo y volumen de RSU, obtenidos de una muestra del periodo de mayor actividad; diseño y aplicación de un programa de separación, considerando la sensibilización de la población, e instalación de 100 contenedores separados; seguimiento al comportamiento de la comunidad, a través de la selección de una muestra aleatoria estratificada.

Se determinó que la práctica es enviar los RSU al relleno sanitario, sin considerar el valor del material.

Se cualifica la participación en el uso de contenedores, observando resistencia, apatía, indiferencia y falta de apropiación del programa.

El programa de educación ambiental fortaleció la toma de conciencia colectiva, ya que se ha observado que la disposición de los RSU se hace en los contenedores disponibles para ese fin, realizando actividades de asignación de valor, pero a nivel personal es incongruente ya que no hay un cambio significativo. Determinándose que el proceso de sensibilización requiere de tiempos considerables y el ritmo de vida actual genera necesidades que modifican el compromiso con el ambiente a nivel personal.

Palabras clave: *Apropiación, Diagnóstico, Disposición, Manejo, Valorización.*

1. INTRODUCCIÓN

Hasta ahora, la generación de residuos se ha concebido como una actividad inherente a cualquier actividad desarrollada por el ser humano, recientemente se ha tomado conciencia del papel que solo el generador puede jugar para contribuir a reducir la contaminación ocasionada por estos residuos, cambiando desde los conceptos hasta las formas, para lograr esto se requiere de la suma de voluntades de todos los actores, siendo la sociedad quien determina el éxito o fracaso de este propósito.

Para lograr el cambio requerido, no es suficiente con informar sobre el deterioro ambiental y sus terribles consecuencias para las especies que habitan el planeta, se requiere un cambio de comportamiento, por lo que es necesario establecer acciones que nos lleven a desaprender y reaprender los conceptos para vivir en armonía.

La práctica común del manejo de los residuos sólidos urbanos, ha generado una conciencia colectiva que no genera cambios en los patrones de conducta, por lo que se hace necesario atender esta situación; desde el ámbito académico [1], es cada vez más necesario el integrar los conceptos de cuidado al medio ambiente, no solo por el hecho implícito de los beneficios ambientales, sino también por la globalidad y aplicación del concepto en el ámbito laboral que está girando a convertirlo en parte de la filosofía de las unidades productoras y de servicios.

Ante este reto y bajo la premisa de que será una herramienta que fortalezca la capacitación del alumnado, en el Instituto



Tecnológico de Puebla se realizan actividades a favor de la toma de conciencia, y una línea de acción es sobre el manejo de residuos sólidos, en esta se llevan a cabo las actividades para identificar, promover y asegurar el manejo adecuado de los residuos sólidos y peligrosos en la institución.

Como parte del programa se marcan acciones para conocer el tipo y cantidad de residuos urbanos y peligrosos, el diseño de sistemas de almacenamiento interno, la separación y recuperación de subproductos, su valoración y la gestión de la disposición, además se trabaja como parte importante la valorización de todos estos aspectos, por lo que se ha integrado como parte del proceso académico de los alumnos, el servicio social ambiental, mismo que deben cubrir en programas y acciones específicas por su carácter obligatorio.

Aunque se prevé que con este proceso se logrará un marcado beneficio personal y colectivo se hace necesario como todo programa su evaluación, de esta se observa que es necesario reconsiderar aspectos para una mejor apropiación y valorización de este programa por parte de los involucrados, ya que se observan actitudes que aún con estas acciones se vuelven recurrentes o se conservan sin un impacto significativo en el proceso de generar nuevos aprendizajes y conductas.

2. METODOLOGÍA

El trabajo se realizó en tres etapas

2.1 Evaluación diagnóstica

Con la finalidad de conocer la composición de los residuos generados dentro de las instalaciones del Instituto, se concentra para su estudio, el volumen generado en una semana normal de trabajo.

La muestra seleccionada, en su totalidad fue concentrada para su caracterización. Se procede a realizar una clasificación en; inorgánicos (todos aquellos residuos que ya no son susceptibles de ser aprovechados), PET, residuos orgánicos (residuos de alimentos principalmente), papel y cartón, vidrio y aluminio.

2.2 Diseño y aplicación de programa de separación de Residuos Sólidos Urbanos

Una vez cuantificados y clasificados los residuos generados, se realiza el diseño de un programa de manejo para cubrir las siguientes etapas de: Sensibilización inicial de la comunidad; Diseño de Material Visual; Análisis de horarios y rutas de concentración de la comunidad; Selección e instalación de contenedores; Actividades de reforzamiento.

2.3 Seguimiento y medición

Con el programa en operación, se cuantifican y registran los volúmenes de generación y recuperación para que mediante la comparación de esta en diferentes momentos, se establezca el grado de mejora al respecto.

3.- RESULTADOS

3.1 Evaluación diagnóstica

A mitad del periodo Feb-Jul/2009. Se llevó a cabo la actividad de caracterización de los residuos (Figura 1). Una vez,

clasificados y separados fueron pesados para ser cuantificados. De acuerdo a los resultados, pudo determinarse que el 28 % (Figura 2) de los residuos es susceptible de ser reusados (residuos orgánicos) o reciclables, y sin embargo, fueron destinados al relleno sanitario.

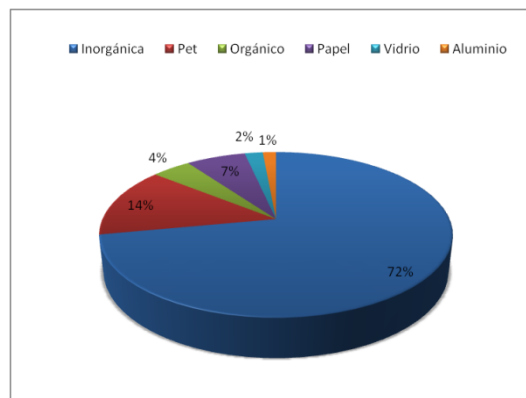


Figura 1. Caracterización de los residuos (2009) **Figura 2.** Diagnóstico residuos sólidos urbanos ITP

3.2 Diseño y aplicación de programa de separación de Residuos Sólidos Urbanos

3.2.1 Sensibilización inicial de la comunidad.

Se partió de la hipótesis de que el conocimiento permite a la comunidad tomar mejores decisiones. Para efecto de este proyecto, se pensó que una comunidad informada puede contribuir a lograr un mejor manejo de los residuos generados en su entorno.

La respuesta de cada individuo hacia los estímulos suele ser diferente, existen aquellos que son sensibilizados por la información que se presenta en forma gráfica o escrita, unos más responden a estímulos audiovisuales y otros requieren de áreas de laboratorio.

La apropiación del conocimiento en los individuos debe pasar por diferentes etapas y el programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos, planeó diferentes canales para sensibilizar a la comunidad en la necesidad de cambiar algunas costumbres en relación a la disposición de los residuos.

Por esta razón, se partió de realizar exposiciones gráficas sobre temas de contaminación ambiental, calentamiento global, generación de residuos urbanos, etc., con la colaboración del Departamento de Educación Ambiental de SEMARNAT, (figura 3).

Así mismo, se planearon diferentes momentos para realizar campañas de limpieza (figura 4), cursos y talleres en las instalaciones del Instituto y en áreas ecoturísticas, dirigidos a personal directivo, docentes, personal administrativo y estudiantes.



Figura 3. Exposición de SEMARNAT vestíbulo.



Figura 4. Primera campaña de limpieza ITP (2012) edificio 1 del ITP (2009)

3.2.2 Diseño de Material Visual.

Se involucró a los departamentos de Comunicación y Difusión y al Centro de Idiomas, para diseñar material visual que permitiera informar a la comunidad sobre las alternativas para separar los residuos, en las instalaciones del Instituto (figura 5).



Figura 5. Posters para separación de residuos (2010)

Para ello se diseñaron posters que fueron colocados en todos los salones del plantel. En la mayoría de las aulas en dos idiomas: inglés y español y en los salones del Centro de Idiomas en inglés y alemán.

3.2.3 Análisis de horarios y rutas de concentración de la comunidad

Con la intención de promover la separación de los residuos generados por la comunidad del Instituto, en colaboración con la División de Estudios Profesionales, se determinó que los estudiantes realizan con mayor frecuencia un recorrido en 4 puntos principalmente: Centro de Información y Canchas de Basketball; Edificio 1 (Gobierno y Recursos Humanos y Financieros) y Servicios Escolares; Edificio 8 y 9; Estacionamiento Principal y Edificio de Vinculación.

3.2.4 Selección e instalación de contenedores

Una vez determinados los lugares estratégicos para su colocación, se seleccionaron los módulos con 4 contenedores para separar los siguientes materiales: Pet y Aluminio; Orgánicos; Inorgánicos; papel y cartón; cada uno con etiquetas diseñadas con imágenes únicamente que muestran algunos ejemplos de los residuos que deben ser depositados en su interior (Figura 6).



Figura 6. Módulo instalado entre el Edificio 1 y 2 del ITP. Año 2010

3.2.5 Actividades de reforzamiento

El soporte fundamental del programa de manejo de residuos, es un programa paralelo de educación ambiental, en el que participen constantemente alumnos y trabajadores del Instituto.

Por ello, se estableció un programa denominado Servicio Ambiental en el que participan obligatoriamente todos los alumnos de nuevo ingreso. La finalidad es involucrar a los estudiantes en el cuidado del entorno a través de un buen manejo de los residuos entre otras cosas (figuras 7, 8 y 9).

Desde el periodo escolar agosto-diciembre de 2011, hasta el período enero junio de 2014, se han atendido 3980 estudiantes, en un programa de Educación Ambiental que consta de dos momentos: El primero consiste en una conferencia de sensibilización en el que se hace referencia a la singularidad del planeta en el universo y el impacto ambiental de la actividad humana.



Figuras 7, 8 y 9 Alumnos realizando el servicio ambiental

El segundo momento, consiste en actividades relacionadas con el cuidado del ambiente, que van desde siembra de árboles, riego de áreas verdes hasta recolección y separación de residuos sólidos urbanos en todas las instalaciones, lo anterior es una actividad de seis horas y se aplica por una vez a los estudiantes de nuevo ingreso, con el objetivo de crear



conciencia ambiental a través de actividades vivenciales

4. CONCLUSIONES

El propósito de la implementación del Programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos, ha sido generar conciencia en la población para reducir el impacto ambiental en el entorno.

Varios son los logros de la comunidad del Instituto, entre ellos la campaña continua de acopio de papel en oficina, donde se ha podido reutilizar y enviar a reciclar aproximadamente 7 toneladas lo que representa un ingreso de aproximadamente de \$6,000.00

La colaboración consciente de trabajadores, alumnos y visitantes del Instituto ha permitido reducir el volumen que se destina a los rellenos sanitarios, generando con ello un menor impacto ambiental, esto a su vez ha favorecido que los materiales reciclables puedan ser vendidos o donados para su aprovechamiento, redundando en un menor impacto ambiental también, pero lo más importante es el beneficio social que estos residuos han generado en sectores de la comunidad más desprotegidos, ya que el propio Instituto hace la donación del PET que se genera a una asociación civil, que tiene miembros con discapacidad mental y estos residuos se convierten en recursos económicos para ellos y sus familias, así mismo un punto relevante es que el consumo de papel bond en las oficinas se ha reducido, ya que hay una cultura de reuso y disposición para su reciclado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Suavé L., (2014/08/12), www.rieoei.org/rie41a03.

[Indice](#)



Degradación Fotocatalítica de Azul de Metileno usando Óxido de Titanio Dopado con Vanadio, Tungsteno y Niobio.

Heriberto Ortiz González^{1, 2}, Jaime Jiménez Becerril¹

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. Departamento de Química, A. P. 18-1027, C.P. 11801 México. D.F., 12269, jaime.jimenez@inin.gob.mx

53-29-72-00 ext.

² Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso.

RESUMEN

El proceso del tratamiento y purificación de las aguas mediante fotocátalisis heterogénea con dióxido de titanio como catalizador puede emplearse para tratar mezclas complejas de contaminantes, constituyéndose como ejemplo de tecnología sostenible. El presente trabajo tiene como objetivo modificar el TiO_2 , mediante el dopado con vanadio, niobio y tungsteno, para incrementar la eficiencia en la degradación fotocatalítica de contaminantes orgánicos presentes en el agua. El proceso experimental consistió en el estudio cinético de la degradación por fotocátalisis del azul de metileno para lo cual se utilizaron como fotocatalizadores óxidos de titanio obtenidos por síntesis sol-gel modificado con vanadio, tungsteno y niobio. Los materiales obtenidos se caracterizaron por espectroscopia Raman, con lo que se identificó la fase anatasa como componente principal; posteriormente se realizaron pruebas de degradación fotocatalítica del azul de metileno a diferentes concentraciones iniciales (5, 10, 15, 20 mg/L). La degradación del azul de metileno se observó midiendo el compuesto remanente por espectrofotometría UV-vis. Los resultados obtenidos demuestran que el dopaje con semiconductores modificados con metales al interactuar con soluciones de mayor concentración la velocidad de degradación decreció debido a la saturación de la dispersión heterogénea; por tanto lo hace apropiado para la remoción de compuestos orgánicos a bajas concentraciones.

Palabras Clave: *Azul de metileno, Fotocátalisis, Óxido de titanio.*

1. INTRODUCCIÓN

La eliminación de contaminantes orgánicos tóxicos en las aguas de desecho es uno de los retos más importantes en el control de la contaminación ambiental, para la remoción de estos materiales se emplean procesos químicos convencionales y biológicos, pero estos no son efectivos en la destrucción de estos compuestos, por ello se han desarrollado tecnologías más eficientes para su eliminación [1]. La fotocátalisis es uno de los métodos alternativos para la purificación del agua, se basa en la absorción directa o indirecta de luz por un material semiconductor, permitiendo la generación de pares de electrones (e^-) y huecos (h^+), que migran a la interfase del semiconductor generando especies transitorias ($\text{OH}^\cdot$) capaces de tratar y degradar mezclas complejas de los contaminantes orgánicos [2]. Los fotocatalizadores más investigados hasta el momento son los óxidos metálicos, particularmente óxido de titanio (TiO_2), el cual es ampliamente utilizado en procesos de fotocátalisis ya que es un material no tóxico, es inocuo, presenta elevada resistencia a la fotocorrosión, es estable en soluciones acuosas y posee una buena actividad fotocatalítica [3] La respuesta espectral de los semiconductores puede ser mejorada mediante la inclusión de dopantes (metales y no metales) en la red cristalina del óxido semiconductor, este método permite el desplazamiento de su umbral de absorción de la región UV hacia el visible [4]. El dopado puede alterar la composición química de cualquier material, pero este debe mantener la integridad de la estructura cristalina del material (fotocatalizador), solamente con variaciones en sus propiedades electrónicas.



2. METODOLOGÍA

2.1 Síntesis de TiO_2 sin dopaje, TiO_2 dopado con vanadio, tungsteno y niobio.

Las síntesis del TiO_2 (dopado con V, W, Nb y sin dopaje), comenzó con la mezcla de 11.4 mL de butóxido de titanio [$\text{Ti}(\text{OC}_4\text{H}_9)_4$], 0.5 g de cloruro de vanadio (VCl_3), en 100 mL de isopropanol [$\text{CH}_3\text{-CHOH-CH}_3$], con agitación constantemente. Finalizada la etapa de homogenización de la mezcla, se inició con el proceso de hidrólisis adicionando gota a gota con agitación constante la mezcla ácida (8 mL de H_2O , 40 mL de Isopropanol ($\text{CH}_3\text{-CHOH-CH}_3$) y 2 mL de HNO_3), el gel resultante se añejo por 24 h y se secó a 70°C durante 24 h, obteniéndose un sólido cristalino (material sintetizado). Se realizaron las otras síntesis en el que se utilizaron otros metales a diferentes concentraciones en peso de NbCl_5 , 0.9 g y WCl_6 , 1.3 g, utilizando el mismo procedimiento experimental descrito anteriormente.

2.2 Caracterización de TiO_2 sin dopaje, TiO_2 dopado con V, W y Nb, por el método de espectroscopia Raman.

El estudio y caracterización de la estructura cristalina de los materiales TiO_2 sin dopaje, y los TiO_2 dopados V, W y Nb, se analizaron en un equipo microRaman HR LamRam 800 equipado con un microscopio con focal Olympus Bx40, la fuente de irradiación empleada fue un láser de Nd: YAG, el cual permitió analizar áreas de $1\ \mu\text{m}$ de diámetro de las muestras estudio. Los resultados espectrales se graficaron en relación de la intensidad (u.a) en función longitud de onda (cm^{-1}), a partir de los espectros obtenidos se determinó la naturaleza química, composición molecular y estado físico de los fotocatalizadores dopados.

2.3 Degradación del azul de metileno

El proceso de degradación fotocatalítica del azul de metileno utilizando como fotocatalizador el TiO_2 dopado con tungsteno, con vanadio, con niobio y TiO_2 sin dopaje, se utilizaron concentraciones iniciales de azul de metileno de 5, 10, 15 y 20 mg/L. Las muestras se prepararon en dispersiones heterogéneas con 20 mL de solución de azul de metileno y 0.02 g de fotocatalizador, las cuales se estabilizaron en oscuridad. El experimento inició al encender la lámpara de luz ultravioleta, se tomó una muestra alícuota y posteriormente se tomaron muestras cada 35 minutos, las que se filtraron usando un filtro Millipore de $0.45\ \mu\text{m}$ y las soluciones obtenidas se midieron en un espectrofotómetro UV/vis, Perkin Elmer LAMBDA 35, a una longitud de onda de 664 nm. Los resultados obtenidos de los espectros de absorbancia de cada una de las muestras medidas por espectrofotometría UV/vis, se realizaron curvas de degradación, graficando la concentración remanente en función del tiempo; esta permitió determinar la cantidad de azul de metileno degradada; a partir de los resultados se determinó la cinética de la reacción de degradación de azul de metileno a partir del modelo de Langmuir-Hinshelwood.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la caracterización Raman del óxido de titanio (dopado con V, W, Nb y sin dopaje) se reportan a continuación; en el gráfico de la figura 1(a), se observa la síntesis de TiO_2 sintetizado sin dopaje, el análisis de la muestra presenta la formación completa de la fase anatasa, estos pueden visualizarse en los modos activos Raman en 148, 244, 320, 404, 519, $635\ \text{cm}^{-1}$, en el gráfico de la figura 1 (b), se muestran los resultados de la caracterización de la síntesis del dopado de $\text{TiO}_2\text{-V}$ en el que se revelan los espectros, presentando modos activos Raman en 154, 398, 510 y $637\ \text{cm}^{-1}$, en tanto el análisis de la muestra presenta la formación completa de fase anatasa, en el caso del gráfico de la figura 1 (c), se observa la síntesis del dopaje de $\text{TiO}_2\text{-W}$, el análisis de la muestra presenta la formación de la fase anatasa, en intensidades Raman de 80, 101 y $660\ \text{cm}^{-1}$ y presencia de óxido de tungsteno en $950\ \text{cm}^{-1}$, en tanto en el gráfico de la figura 1 (d), se observa la síntesis del dopaje de $\text{TiO}_2\text{-Nb}$, el análisis de la muestra, presenta la formación de la fase anatasa, en intensidades Raman del material dopado en 82, 147 y $637\ \text{cm}^{-1}$ y formación de óxido de niobio en intensidades 475 y $1045\ \text{cm}^{-1}$.

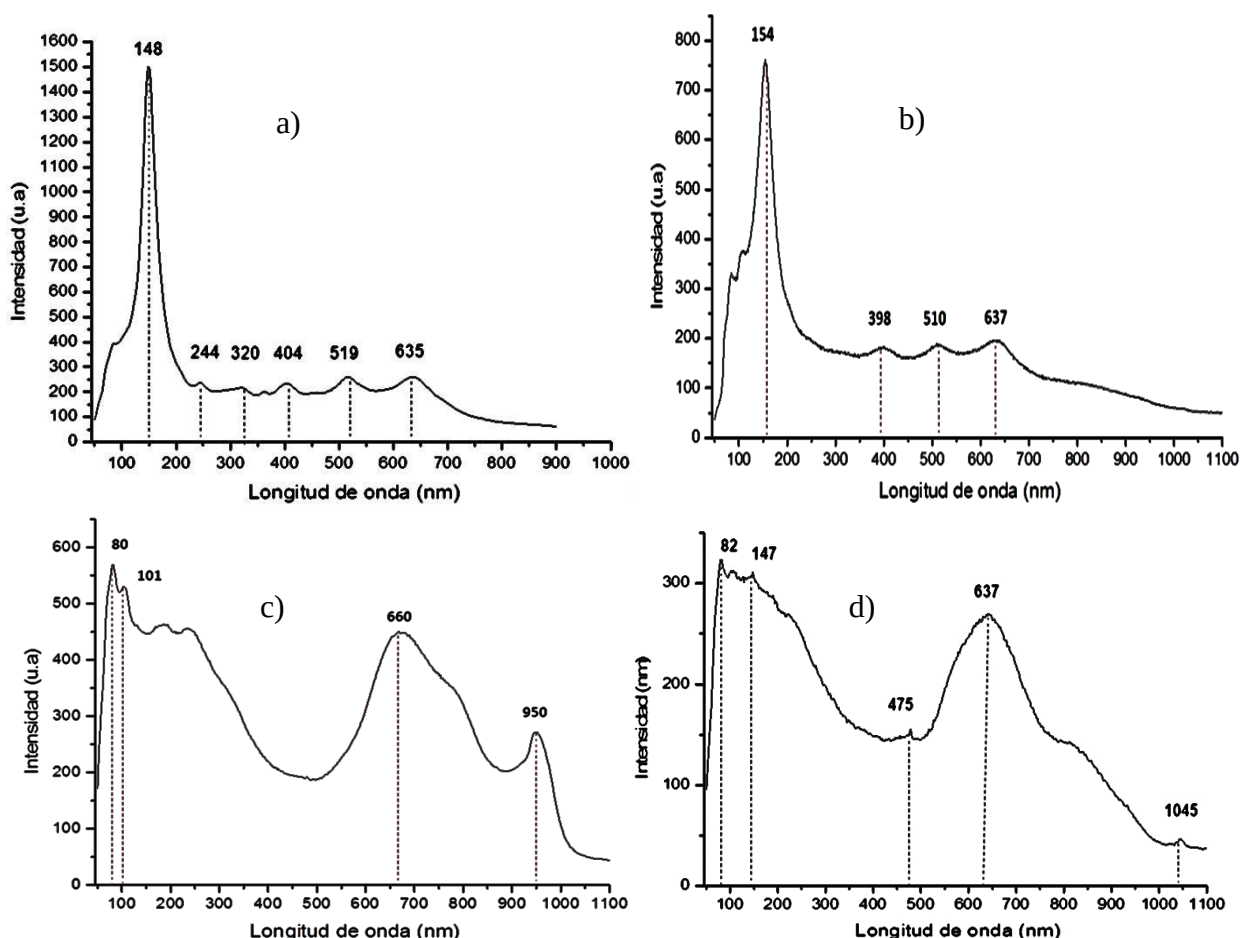


Figura 1. Resultados de la caracterización Raman de TiO_2 sintetizado sin dopaje, b) caracterización Raman de TiO_2 dopado con vanadio, c) caracterización Raman de TiO_2 dopado con tungsteno, y (d) caracterización Raman de TiO_2 con niobio.

Las degradaciones fotocatalíticas de azul de metileno se determinaron por espectrofotometría, a una longitud de onda de 664 nm, a partir de esta longitud se realizó la curva de calibración a concentraciones iniciales 5, 10, 15 y 20 mg/L. La gráfica de la figura 2 (a), muestran los resultados de la degradación del azul de metileno utilizando como fotocatalizador el TiO_2 (Degussa), en la cual es posible apreciar que hay una mayor degradación en concentraciones de 5 y 10 mg/L, en el caso del gráfico de la figura 2 (b), los resultados de la degradación del azul de metileno, se observa mayor degradación en concentraciones 5 mg/L, utilizando TiO_2 sintetizado sin dopaje. El gráfico de la figura 2 (c), muestran los resultados de la degradación del azul de metileno utilizando como fotocatalizador TiO_2 dopado con vanadio, en el se aprecia mayor degradación en 5 y 10 mg/L, en el caso de la figura 2 (d), se muestran los resultados de degradación de azul de metileno utilizando como fotocatalizador TiO_2 dopado con tungsteno, en el se observa una mayor degradación en 5 mg/L, en tanto en el gráfico de la figura 2 (e), se observa que en concentraciones de 5 mg/L mayor degradación del azul de metileno utilizando como fotocatalizador TiO_2 dopado con niobio.

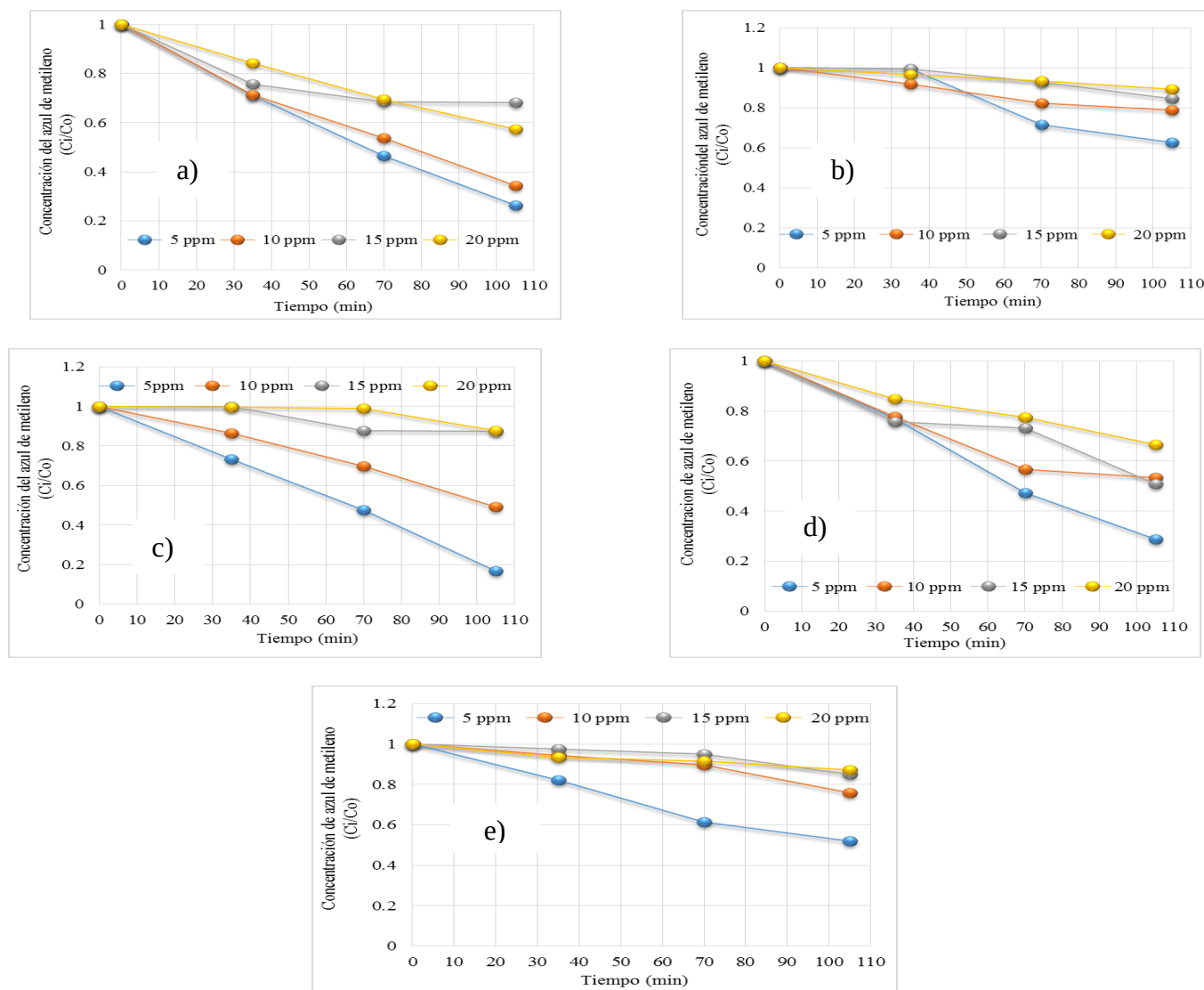


Figura 2. Resultados de la degradación de azul de metileno utilizando como fotocatalizador TiO₂ (Degussa), b) utilizando como fotocatalizador TiO₂ sintetizado sin dopaje, c) utilizando como fotocatalizador TiO₂ dopado con vanadio, d) utilizando como fotocatalizador TiO₂ dopado con tungsteno , y e) utilizando como fotocatalizador TiO₂ dopado con niobio.

A partir de los resultados de las degradaciones del azul de metileno se determinó la cinética de la reacción de degradación de azul de metileno a partir del modelo de Langmuir-Hinshelwood, estos se muestran a continuación:

En los gráficos de la figura 3 se observa la evaluación cinética del proceso fotocatalítico del azul de metileno; los resultados se ajustan al modelo (Langmuir-Hinshelwood), la linealidad del gráfico aprueba la validez del modelo, por tanto la absorción del azul de metileno al interactuar sobre la superficie del fotocatalizador es rápida y la etapa limitante es la reacción química de degradación.

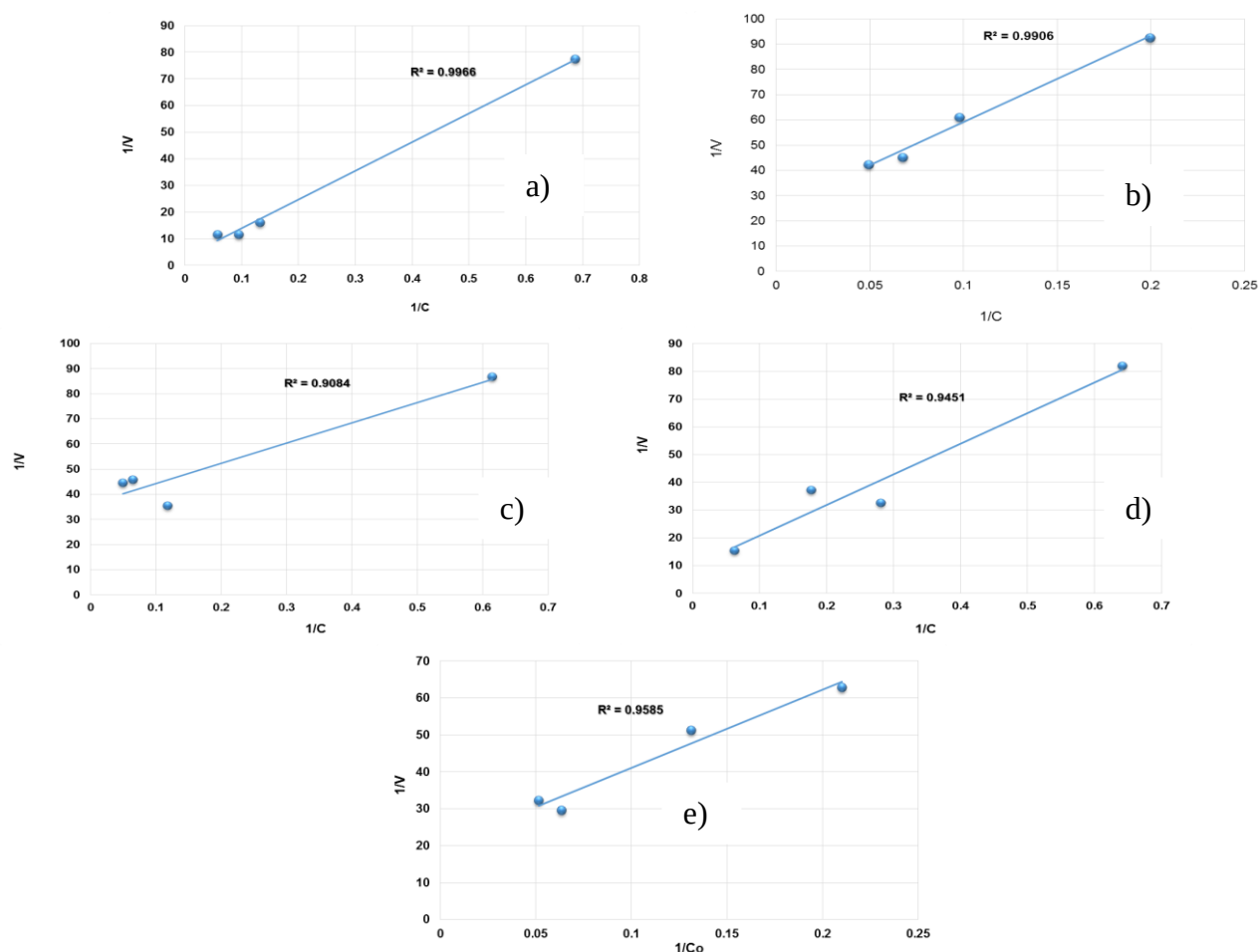


Figura 3. Resultados de evaluación cinética de la reacción del azul de metileno utilizando como fotocatalizador TiO_2 (Degussa), b) utilizando como fotocatalizador TiO_2 sintetizado sin dopaje, c) utilizando como fotocatalizador TiO_2 dopado con vanadio, d) utilizando como fotocatalizador TiO_2 dopado con tungsteno, y e) utilizando como fotocatalizador TiO_2 dopado con niobio.

En la tabla 1 se muestran los resultados de la evaluación cinética de degradación del azul de metileno utilizando como fotocatalizador de TiO_2 P25 Degussa, TiO_2 sintetizado sin dopaje y TiO_2 dopado con vanadio, tungsteno y niobio, en el se muestra un concentrado de los valores las constantes de cinética (k), de adsorción (K) y el coeficiente de determinación (R^2) obtenidos del ajuste del modelo cinético (Langmuir-Hinshelwood).

Tabla1. Constantes de cinética, adsorción y coeficiente de determinación obtenidos de la evaluación cinética de degradación del azul de metileno.

	k (mg/L.min)	K (L/mg)	R^2
TiO_2 P25 Degussa	0.3312	0.0279	0.9966
TiO_2	0.0401	0.0729	0.9906
TiO_2 -V	0.0276	0.4468	0.9084
TiO_2 -W	0.1013	0.0895	0.9451
TiO_2 -Nb	0.0503	0.0936	0.9585



En los resultados se observan que TiO_2 P25 Degussa y el TiO_2 dopado con tungsteno, mayor la velocidad de absorción del azul de metileno al interactuar sobre la superficie del fotocatalizador; en tanto para TiO_2 sin dopaje, TiO_2 dopado con vanadio y niobio se observa menor velocidad de absorción del azul del metileno al interactuar con la superficie del fotocatalizador. Los experimentos cinéticos permiten un estudio de la velocidad a la que se producen las reacciones, es decir en el modo en el que la concentración de algunas especies moleculares varía en función de tiempo, la velocidad de reacción decrece a medida que la reacción avanza.

4. CONCLUSIONES

Mediante la técnica sol-gel es posible obtener materiales de óxido de titanio dopados con vanadio, tungsteno y niobio. La espectroscopia Raman permite caracterizar muestras de óxido de titanio dopado con vanadio, tungsteno, niobio y sin dopaje, se identificó la fase anatasa como componente principal; sin embargo en algunas muestras dopadas con niobio y tungsteno, la presencia de sus óxidos es debida al aumento del contenido de dopante. Los resultados obtenidos de la degradación fotocatalítica de azul de metileno se logró visualizar que el TiO_2 Degussa, TiO_2 dopado con V, W, Nb y sintetizado sin dopaje, al interactuar con soluciones de mayor concentración, la velocidad de degradación decreció debido a la saturación de la dispersión heterogénea; por tanto lo hace apropiado para la remoción de compuestos orgánicos a bajas concentraciones (5, 10 mg/L). Los resultados de la cinética de las reacciones del proceso de degradación fotocatalítica del azul de metileno, se ajustaron al modelo de Langmuir-Hinshelwood; por lo tanto la absorción del azul de metileno al interactuar sobre la superficie del fotocatalizador es rápida y la etapa limitante es la reacción química de degradación.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

- [1] Contreras R. E., García R., Sandoval G., Burgueño G. del C., Moctezuma E. Perea D. A. (2009) “Degradación fotocatalítica de azul de metileno en aguas residuales utilizando TiO_2 como catalizador”. *Revista Latinoamericana de recursos naturales*. Vol. **5(2)**. pp. 86 – 91.
- [2] Trujillo M. E., García C., Hinojosa J. F., Castellón F. F. (2010) “Evaluación de compositos TiO_2 /Clinoptilolita en la fotodegradación de tintes MV- 2B en un reactor- concentrador solar CPC”. *Revista Mexicana de ingeniería química*. Vol. **9 (2)**. pp. 139 – 149.
- [3] Quiñones C., Ayala J., Vallejo W., Bernal M. (2011). “ Evaluación de la actividad fotocatalítica de películas de TiO_2 modificadas con Au/ Pd. *Revista Colombiana de Física*. Vol. **43 (3)**. pp. 803 – 806.
- [4] Chen X., Mao S.S. (2007) “Titanium Dioxide Nanomaterials: Synthesis, Properties, Modifications and Applications” *Chem. Rev*, Vol. **107**. pp. 2891.

[Indice](#)



Experiencias sobre el Tratamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos Urbanos, con Enfoque Local y Participación Comunitaria

¹Aníbal Quispe Limaylla

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Programa de Estudios del Desarrollo Rural, Km. 36.5 Carretera Federal México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México, CP 56120 anibalq@colpos.mx

RESUMEN

Aun cuando hay avances en estudios, propuestas y acciones para resolver la problemática de los residuos sólidos urbanos (RSU), por su complejidad, sigue siendo un tema de gran preocupación. Un aspecto poco atendido ha sido en relación al tratamiento de la parte orgánica. Es de amplio conocimiento que la porción orgánica constituye alrededor del 50% del total de RSU que las ciudades diariamente generan. A pesar del reconocimiento de que los residuos sólidos orgánicos (RSO) poseen un valor potencial para ser convertidos en fertilizante orgánico, son todavía escasas las experiencias exitosas para ser replicadas en forma masiva. Por este motivo, desde el 2000, hemos emprendido un proyecto de manejo de los RSO, con enfoque local (pequeña escala) y participación comunitaria. Este trabajo describe las experiencias, los resultados e impactos generados. El método utilizado fue el de investigación-acción, que incluyó pruebas experimentales y sistematización de experiencias. Los resultados mostraron que el problema de la basura orgánica, puede ser resuelto si la gestión se realiza a nivel local, usando tecnología e infraestructura apropiada, como el compostaje con lombrices y con participación de la gente. El 60% de las 260 familias de la colonia se acostumbró a separar su basura y trasladarla al centro de compostaje comunitario (CCC). En este se recibe semanalmente alrededor de 900 kilos de basura orgánica que es convertida en abono orgánico de calidad. Se concluyó que con la estrategia de gestión local a través de módulos y participación comunitaria, se puede contribuir a resolver el problema de los RSU de forma sostenible.

Palabras clave: *Basura orgánica, Residuos municipales, Lombricompostaje.*

1. INTRODUCCION

1.1. La problemática de los residuos sólidos urbanos (RSU).

La moderna sociedad de consumo, el crecimiento demográfico y el incremento de las industrias, han provocado un incremento en la producción de residuos, de forma exponencial en las últimas décadas. Estos se han convertido, cada vez, en un serio problema para la salud pública y los recursos naturales, porque no son manejados o destinados apropiadamente. Si bien, para resolver dicha problemática ha habido esfuerzos en diversos aspectos, son insuficientes aún para lograr su solución.

La basura es un problema porque su producción va en aumento y no hay un manejo apropiado ni un control de sus impactos [1]. El autor afirma que, por una parte, su manejo demanda montos considerables del presupuesto de los ayuntamientos y la disposición final es la única forma de deshacerse de la basura. No hay tratamientos de los residuos y son escasos los programas efectivos de separación, por lo que la mayor parte de la basura termina enterrada en condiciones deplorables y ocasionando altos niveles de contaminación.

Si bien la solución de los RSU debe ser integral, es conveniente incluir la participación ciudadana y que las acciones se realicen, en pequeña y mediana escala, a nivel comunitario, contrario a lo que se ha intentado “manejar” a gran escala a



través de los vertederos o rellenos sanitarios, con resultados desastrosos de contaminación ambiental y últimamente a través de las llamadas plantas de tratamiento, con resultados aún desconocidos [2].

3.1 La participación ciudadana y el enfoque pequeña escala

Para resolver los problemas que aquejan a la sociedad, las acciones deben realizarse con la participación de la gente, en un ambiente de responsabilidad compartida y solidaria, desde lo local con enfoque a pequeña escala.

Sobre lo primero, según el autor [3], la participación se encuentra profundamente vinculada con el desarrollo humano sostenible y social, siendo una de las claves en las que se sustentan las Políticas Sociales vinculadas con la integración social. El mismo autor explica que contribuir al desarrollo humano en el s. XXI significa ampliar las alternativas de las personas para que puedan tener un nivel de vida que aprecien, siendo necesario para ello desarrollar las *capacidades humanas* para la participación.

La participación como proceso implica, de acuerdo a Gaitán, Citado por [3]: 1) *querer*, es decir, que los habitantes tomen conciencia respecto de sus problemas y la comprensión de los aspectos que los explican; 2) *saber*, es decir, reconocerse con capacidades y comprometerse para transformar la realidad; y 3) *poder*, es decir, crear contextos favorecedores de la creatividad y la innovación, a través del acceso a la toma de decisiones. De esta forma, la comunidad deja de ser contexto de intervención y destinataria de acciones, para *ser protagonista y propietaria de su cambio*, como *sujeto de acción*.

En cuanto a lo segundo, el autor [4], basado en numerosas experiencias en el mundo, nos indica que es posible una economía en pequeña escala, al lado de la gran escala; que es más saludable y solidaria y que es mentira que los emprendimientos pequeños no pueden sustentarse en razón “de los costos”. También demostró que la tecnología en pequeña escala es más sana, no contamina, y en ese sentido es el verdadero aliado de la humanidad, siempre puesta a su servicio.

3.2 El manejo apropiado de los residuos sólidos orgánicos (RSO)

Por diversas razones, la componente orgánica de los RSU, no ha sido manejada adecuadamente hasta convertirla en abono orgánico. En los recientes años, a pesar de que con frecuencia se ha insistido en un manejo apropiado de esta componente, la respuesta ha sido aún débil. La falta o mal manejo de los RSO, ha generado contaminación de los suelos, agua superficial y subterránea, el aire y en general al ambiente en que vivimos [5].

Para el caso de México, según la Subsecretaría de Desarrollo Urbano, en el año 2006, las ciudades del país producían cerca de 96,000 toneladas por día de desechos, el cual equivalía a 35 millones de toneladas al año. Dicho organismo para 2010 estimó una producción de 39.1 millones de toneladas de basura. De este total aproximadamente el 50% eran desechos orgánicos que tienen potencial para ser manejados y reciclados mediante procedimientos biológicos, para obtener abono orgánico y/o biogás [6].

Sobre lo anterior, el autor [7] resalta la paradoja de la situación de los RSO, ya sea de origen urbano, industrial, agropecuario o forestal. Por un lado, nos encontramos con el enorme déficit de materia orgánica de nuestros suelos, por otro lado, el incorrecto tratamiento o simple abandono de estos residuos que ocasiona gravísimos daños al medio, contribuyendo a agravar considerablemente el otro gran problema ecológico: la contaminación del agua dulce, así como a incrementar los costos de tratamiento (vertederos controlados, incineración) y a fomentar la incultura ecológica y el rechazo social de la gestión de los residuos. Para el manejo apropiado de los RSO y obtener abono de calidad se requiere la aplicación apropiada de los procesos biológicos, tecnologías e infraestructura [8].



El propósito principal de la investigación fue demostrar que con procedimientos apropiados de manejo de los RSO y participación de la gente a nivel local, se puede contribuir a resolver el problema de la contaminación de la basura mal manejada y obtener abono de calidad para la agricultura.

4 METODOLOGÍA

El método general utilizado fue el de Acción e Investigación en el que se combinaron métodos particulares como la experimentación y la sistematización de experiencias. Para lograr los objetivos, se emprendieron acciones debidamente planeadas. Las variables utilizadas fueron: 1) nivel de participación de la gente en el proceso de manejo de los RSO; 2) efectividad de las tecnologías usadas; 3) calidad de la composta; y 4) niveles de impacto del proyecto.

El proyecto se desarrolló en una colonia de la ciudad de Texcoco, estado de México, integrada por 260 familias. Este tuvo por inicio en junio del 2000, bajo la denominación de “Manejo y aprovechamiento integral de residuos sólidos orgánicos con participación comunitaria” [9].

Los elementos de la estrategia consistieron en: 1) establecer un módulo en la propia comunidad, con la infraestructura apropiada, para que la gente pueda observar, entender y decida participar; 2) campañas continuas de orientación y educación para la separación de la basura doméstica; 3) capacitación sobre los diferentes procesos que involucra el manejo apropiado de los RSO; 4) investigación continua, incluyendo la experimentación, para afinar las tecnologías y elementos de la estrategia; 5) establecer contacto continuo con instituciones gubernamentales, organizaciones sociales y la sociedad civil, para difundir los resultados y las experiencias generadas y 6) evaluación continua de los procesos y resultados.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. La infraestructura y los apoyos para su construcción.

Basado en una fase de prueba, se estableció el CCC, el cual abarca 800 m² y está dividido en los siguientes compartimentos: 1) área de acopio de los residuos orgánicos; 2) área de compostaje, compuesta por 28 composteras o “camas” bajo malla sombra; 3) área de producción de hortalizas en invernadero; 4) área producción de hortalizas a cielo abierto, compuesta por 16 parcelas; 6) Una bodega; 7) dos baños; 8) área de separación de lombrices y harneado; y 9) una cisterna para captar agua de lluvia. Para la construcción de la infraestructura y compra de equipo, herramienta e insumos, los recursos provinieron de varias fuentes en calidad de donación.

3.2. La participación de las familias en el proyecto.

Uno de los propósitos del proyecto fue que los habitantes de la colonia participaran conscientemente en una o todas las fases del proyecto. Las fases o momentos incluye: separación y traslado de la basura al CCC, proceso de compostaje, separación de las lombrices, harneado, uso de la composta en la producción de hortalizas, gestión y administración, evaluación, capacitación y difusión de las experiencias.

La participación de la gente ha variado a través de los años; mientras que la separación y traslado de la basura orgánica se incrementó en los últimos cinco años, en este mismo período, la participación, en las actividades de compostaje y producción de hortalizas decayó. Lo anterior se debió a que el CCC está ubicado en un lugar estratégico para dejar la basura orgánica y observar lo que se están realizando en él, según declaraciones de la propia gente hechas en asambleas.

Para lograr la participación de la gente, se utilizaron varias estrategias: en la primera fase se realizaron acciones como explicaciones sobre el proyecto, en asambleas de la comunidad, la conformación de un teatro con señoras, niña(o)s y

varones adultos y la elaboración de un video. La segunda fase incluyó la demostración, in situ, del proceso de compostaje y el uso de la composta en la producción de hortalizas. Estas últimas, por observación, fueron de mayor influencia para una mayor participación de la gente porque éstos estuvieron al alcance de la gente para observar y tener experiencias vivenciales y valorarlos.

3.3. Sobre el acopio y volumen de los RSO.

Semanalmente se ha recibido entre 700 a 800 kilos de basura orgánica totalmente separada. La separación es realizada por la propia familia en su casa y trasladada al CCC por ellos mismos. Una vez acopiada, la basura orgánica es sometida a un proceso de compostaje con lombrices. El volumen de basura orgánica que se acopia proviene del 60% de las 260 familias de la propia colonia y áreas circunvecinas. En épocas de lluvia y festividades, el volumen de RSO se incrementa comparado a lo de las otras épocas del año (Fig. 1). En el CCC se recibe solamente basura orgánica debidamente separada, cuya composición está integrada mayormente por residuos de cocina y frutas y verduras en descomposición.

3.4. El manejo de la basura orgánica

La basura orgánica una vez acopiada es sometida a un proceso de descomposición en composteras o también llamadas “camas”. Estas son de cemento, arena y bloques; cada una tiene una dimensión de 3.00 m de largo, 1.00 m de ancho y 0.30 m de alto, con capacidad de 1,000 kilos de basura orgánica. Estas dimensiones son apropiadas para un proceso de compostaje adecuado, que es producto de varios años de experimentación. Una vez llenada la “cama” con basura orgánica, es cubierta con pasto seco o paja para mantener la humedad. Después de 25 días de iniciado el proceso de descomposición, el material es inoculado con 2.0 kilos de lombrices de la especie *E. andrei*. Antes de aplicar las lombrices, se revisa que la temperatura del material en descomposición no tenga más de 30°C. Después de incorporadas las lombrices, el proceso de compostaje continua hasta un período de 3.0 meses. Los cuidados que se tienen en este período son: que tenga suficiente humedad y temperatura adecuada, no ingresen roedores u otros depredadores que afecten el proceso. Un buen indicador para saber si una composta está suficientemente mineralizada es el olor a tierra húmeda y el color a café o pardo oscuro.

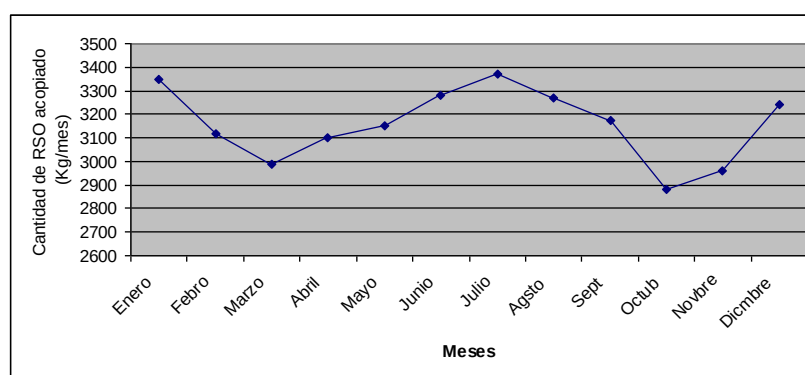


Figura. 1. Volumen de RSO acopiada en el CCC, por meses.

3.5. Determinación de la calidad de la lombri-composta

Para garantizar la calidad de la lombri-composta, una de las primeras medidas fue revisar que el RSO no contenga otro material distinto a lo orgánico, como plásticos. Este es uno de los principales requerimientos del enfoque local de manejo



de los RSO para garantizar la calidad del producto: la separación de la basura debe hacerse en el origen. Para conocer la calidad física y química de la lombri-composta, se realizó análisis en los laboratorios del Colegio de Postgraduados. Los resultados se muestran en el Tabla 1. Como se observa en dicha Tabla, el pH de ambas muestras fue algo alcalino, pero en cuanto a materia orgánica y demás compuestos es similar al resultado de otros casos [9], lo que indica la buena calidad del producto. Para conocer el valor nutritivo real de la lombri-composta, se sometió a prueba en la producción de hortalizas, observándose buen crecimiento y abundante follaje verde intenso.

Tabla 1. Resultados del análisis físico y químico de las muestras de lombri-compostas que se produce en el CCC Santiaguito, Texcoco.

Parámetro	Muestra 1	Muestra 2
pH	8.46	8.52
Conductividad eléctrica (dSm-1)	11.0	10.04
Materia orgánica (%)	20.0	19.0
Nitrógeno (%)	1.46	1.36
Fósforo (ppm)	6389	7424
Potasio (ppm)	2702	2820

3.6. Impacto del proyecto

El módulo se convirtió en un centro de demostración y capacitación para manejar la basura orgánica localmente y contribuir a la educación ambiental. Al menos una vez al mes se tuvieron visitas de estudiantes de media superior y superior, productores del campo, promotores y técnicos interesados en el tema, no sólo del municipio, sino también de otros ámbitos del estado. Se produjo hortalizas de calidad con y para la comunidad.

4. CONCLUSIONES

El proyecto demostró que los RSO, en vez de ser un problema, pueden convertirse en un recurso benéfico (abono de excelente calidad), cuando son manejados apropiadamente con tecnología apropiada y participación de la gente. Las experiencias logradas nos sugieren que no debemos escatimar esfuerzos ni gastos económicos para emprender acciones con el uso de estrategias probadas para resolver el problema de la basura. El trabajo en pequeña y mediana escala, la participación activa y efectiva de la gente, el uso de tecnologías y procedimientos biológicos, como el empleo de lombrices para el compostaje y la instalación de infraestructura apropiada para su buen manejo, son elementos claves para el éxito de acciones de gestión de los RSO.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Bernache Pérez, G. (2012). “Riesgo de Contaminación por Disposición Final de Residuos. Un estudio de la Región Centro Occidente de México”, *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. Vol. 28, Suplemento 1, México, pp. 134 – 152.
- [2] Quispe Limaylla, A. 2010. ¿Cómo manejar y aprovechar la basura orgánica de las ciudades? Manual. Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. México. 43 pp.
- [3] Pastor-Seller, E. 2004. “La participación ciudadana en el ámbito local, eje transversal del trabajo social comunitario”. Alternativas. Cuadernos de Trabajo Social. N. 12 (dic. 2004): pp. 103-137.
- [4] Schumacher, E. F 1989. Small is beautiful, Economics as if people mattered. First edition. Harper Perennial. London. 320 pp.
- [5] Gobierno del Distrito Federal, 2003. Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal. Gaceta Oficial del Distrito Federal, 22 de abril de 2003. México, D. F.



- [6] Rodríguez-Salinas, M. A. y Córdova, A. 2006. Manual de compostaje municipal. Tratamiento de residuos sólidos urbanos. Primera edición. Instituto Nacional de Ecología (INE) de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) y Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. México, 104 pp.
- [7] Velasco Velasco, Joel 2012. Planta piloto de compostaje: Biotecnología de descomposición de residuos orgánicos agroindustriales. Propuesta mecanografiado. Subdirección de Investigación, Campus Córdoba, Colegio de Postgraduados, México.
- [8] Del Val, A. 2009. Tratamiento de los residuos sólidos urbanos, consideraciones básicas. Primer Catálogo Español de Buenas Prácticas. Construcción de la ciudad sostenible. Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente. Madrid, España.
- [9] Lemus, A. 2001. “¿Qué se puede hacer con la basura? Compost y compostaje”. Parte 1. Desde la Ciencia 4: 5 – 13.
- [10] Quispe Limaylla, A. 2000. Aprovechamiento de la basura orgánica doméstica con participación comunitaria en el Municipio de Texcoco. Propuesta mecanografiado. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México.

[Indice](#)



Efecto de la frecuencia de volteo en pilas de Biosecado de Residuos Sólidos Orgánicos

¹Javier Díaz Megchún, ²Manuel de Jesús Macías Hernández, ¹Fabián Robles Martínez

¹Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, Av. Acueducto s/n, Barrio La Laguna, Col. Ticomán, C.P. 07340 México, D.F., roblesfm@hotmail.com.

²Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, Unidad Profesional Adolfo López Mateos, Colonia Lindavista, Delegación Gustavo A. Madero, C.P. 07738, México, D.F.

RESUMEN

Se evaluó la frecuencia de volteo en el biosecado de 3 pilas compuestas de una mezcla de cáscaras de naranja-mulch-pasto dentro de un invernadero. El periodo de volteo fue de 10, 6 y 3 días para las pilas P1, P2 y P3, respectivamente. Las 3 pilas presentaron un comportamiento similar en la disminución del contenido de humedad, tanto en el centro como en la superficie de las pilas. Sin embargo, en el centro de la pila 3 se alcanzó una humedad aproximada de 20% en 28 días, mientras que en la pila 2 y 3 se obtuvo la misma humedad después de los 35 días de proceso. Luego de 40 días, el contenido de humedad en el centro de las 3 pilas se estabilizó en aproximadamente 20%. El contenido de humedad final (después de 40 días de proceso) en la superficie de las 3 pilas fue de 10%. La duración de la fase termofílica (temperaturas por arriba de los 40° C) fue 10 días menor en la pila 3, con respecto a la pila 1 y 2. La degradación de la materia orgánica fue similar en las 3 pilas. Entonces, el tiempo más corto para biosecar los residuos orgánicos, se presentó en la pila 3, que tuvo la mayor frecuencia de volteo estudiada.

Palabras Clave: Aireación, contenido de humedad, Actividad microbiana, Temperatura termofílica, Invernadero.

1. INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos generados por la actividad humana se han convertido en un problema importante para la población mundial. Con respecto a los residuos sólidos orgánicos, en el 2011 se estimó que en México se generaron 21,524,900 toneladas [1]. El biosecado es un tratamiento relativamente novedoso, y una nueva alternativa para tratar los residuos sólidos. Podemos definir el biosecado como el proceso donde se remueve el agua a los residuos sólidos. La acción metabólica de los microorganismos presentes en los residuos, genera una reacción exotérmica, por ende aumento de la temperatura y eliminación del agua por evaporación con el fin de obtener un mayor poder calorífico de la biomasa.

El proceso se ha llevado a cabo en reactores con aireación forzada, los cuales pueden ser cerrados o abiertos, de túneles o tambores rotatorios [2]. El flujo de aire se encarga de remover al agua evaporada de la superficie de la matriz con la que tiene contacto [3]. Aumentando la tasa de aireación se puede disminuir el calor y por ende la temperatura en la matriz (temperatura de proceso óptima de 45 °C aproximadamente) [3]. La tasa elevada de flujo de aire permite una mayor remoción de agua acompañados con un mejor contenido energético. Por lo tanto, se obtiene una producción rápida de combustibles sólidos recuperados aunque con menor bioestabilización (consecuencia de la escasa biodegradación de materia orgánica) [4]. Pero el problema de tener un flujo de aire elevado es terminar realizando un secado convencional (donde se utiliza fuentes externas para secar) y no un biosecado (donde la energía necesaria para secar los residuos es provista principalmente por la biodegradación aeróbica [4]) como tal.

El biosecado también se ha efectuado en pilas dentro de un invernadero donde no se cae en un secado convencional ya que no se realiza aireación forzada [5], [6], [7]. En su lugar, se hacen volteos a las pilas de residuos sólidos. En [6] se evaluaron 4 pilas de residuos sólidos orgánicos, encontrando 2 comportamientos en la curva de biosecado: 1) En el comienzo del proceso (primeros 16 días), con una tasa constante de disminución de humedad de los residuos (de 95% a

18%) debido a la actividad microbiana y su calor metabólico liberado. 2). Una tasa de caída de secado atribuida a fenómenos físicos (convección natural y radiación solar) donde se requirió mayor tiempo (19 días finales) para remover 9% de humedad (de 18% a 9%).

Cabe señalar que en los trabajos anteriores, la frecuencia de volteo de las pilas fue homogénea. Al deshidratar la materia, la presencia de carbón en la carga de salida es maximizada, obteniéndose una mejora en el poder calorífico [8], este resultado es debido a que la concentración de la energía se mantiene presente, pero la masa de residuos disminuye. En este trabajo se evaluó el efecto de la frecuencia de volteo en 3 pilas de residuos sólidos orgánicos en el proceso de biosecado.

2.1 Elaboración de pilas de biosecado

Las 3 pilas de biosecado se formaron con residuos generados principalmente por cáscaras de naranja. Estos fueron obtenidos de una industria de jugos. También se adicionaron residuos de poda tales como madera triturada (mulch). El mulch funcionó como agente estructurante en las pilas. Los residuos de poda se recolectaron de la planta de compostaje localizada en las instalaciones del Instituto Politécnico Nacional, campus Zacatenco. La composición másica de las 3 pilas se presenta en la Tabla 1. La pila 1 (P1) tuvo una frecuencia de volteo de 10 días, la pila 2 (P2) tuvo una frecuencia de volteo de 6 días y la pila 3 (P3) se volteó cada 3 días. P1 se procesó entre el 3 de septiembre y el 22 de octubre de 2013, P2 entre el 10 de octubre y 28 de noviembre de 2013 y P3 el periodo que comprendió del 5 noviembre al 19 de diciembre de 2013.

Tabla 1. Composición de las 3 pilas de biosecado.

Residuo	Pila 1 (P1)		Pila 2 (P2)		Pila 3 (P3)	
	Masa (kg)	Porciento masa (%)	Masa (kg))	Porciento masa (%)	Masa (kg)	Porciento masa (%)
Cáscara de naranja	200	59.31	200	56	200	56
Mulch	78.9	23.4	88.9	24.9	88.9	24.9
Pasto	58.3	17.29	68.3	19.1	68.3	19.1
Total	337.2	100	357.2	100	357.2	100

2.2. Determinación de contenido de humedad y temperatura

Por el método gravimétrico se hizo la determinación de contenido de humedad por triplicado en el centro y en la superficie de las pilas, a partir de muestras de 0.3 kg tomadas de cada una de las pilas de biosecado. Las temperaturas se registraron (durante las 24 horas de día) en 5 puntos a distintas profundidades, empleando termómetros bimetálicos y termopares conectados a una computadora equipada con el software Opto22. Esto se hizo para el eje vertical (en la zona media, de izquierda a derecha) y el eje horizontal (en la zona media, de arriba a abajo) que se intersecan en el punto medio de la pila. La localización de los termopares en las pilas se muestra en la figura 1.

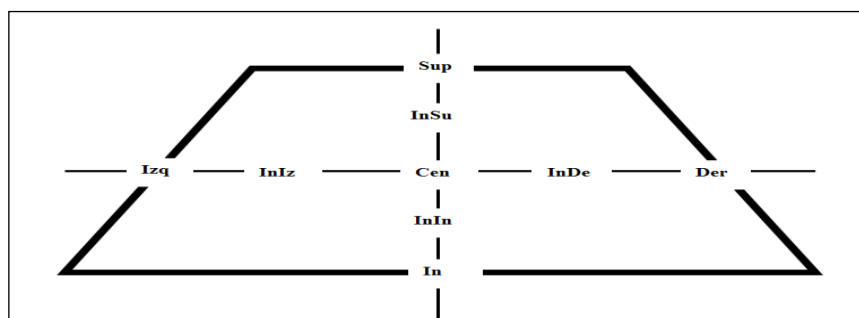


Figura 1. Corte transversal y distribución de los termopares en las pilas de biosecado



Donde Izq es izquierdo, InIz es intermedio izquierdo, Cen es centro, InDe es intermedio derecho, Der es derecho, Sup es superior, InSu es intermedio superior, InIn es intermedio inferior e In es inferior.

3. RESULTADOS

3.1. Contenido de humedad

La humedad tanto en el centro, como en la superficie de las pilas fue disminuyendo conforme el proceso avanzó. Sin embargo la disminución en el centro fue más lenta que en la superficie. Esto se visualiza en la Figura 2. Mientras que en la superficie se alcanzó un contenido de humedad de 20% aproximadamente en 25 días de proceso en las 3 pilas, en el centro la misma humedad se consiguió hasta los 35 días (excepto P3). Al final del proceso, la humedad se estabilizó en 20 % aproximadamente en el centro de las 3 pilas y 10 % en sus superficies. La disminución más rápida y el menor contenido de humedad final en la superficie de todas las pilas se debe a que el agua libre de los residuos se elimina con la misma velocidad que se evapora [9], ya que la superficie está en contacto directo con el aire y el agua es acarreada sin ningún obstáculo por convección [2]. En cambio, el agua del centro tiene un bajo contacto con el aire y el vapor debe a travesar la matriz de residuos antes de poder salir al ambiente. La humedad inicial/final en el centro y la superficie de las 3 pilas se muestra en la Tabla 2.

El 20 % de humedad final logrado en el centro de las pilas es mayor al 9 % obtenido por [6], y al 6 % reportado por [7], donde también se trabajó en condiciones de invernadero, con residuos sólidos orgánicos y sin aireación forzada. Esta diferencia de humedades se puede deber a la cantidad de residuos sólidos a biosecar por experimento, la cual fue mayor (aproximadamente 100 kg) en este trabajo. Entonces, como fueron más residuos y también más agua la que se tenía que eliminar, se necesitó una mayor cantidad de energía y aire en el proceso, al igual que existieron más obstáculos (los mismos residuos) para que el aire pudiera entrar y el vapor salir de la pila. La diferencia de humedades también se puede adjudicar a que en los trabajos mencionados, la humedad era representativa de toda la pila y no solo del centro de la pila. A pesar de esto, la humedad final obtenida en el centro de P1, P2 y P3 fue menor a la reportada por [5], quienes de igual manera trabajaron con las 3 condiciones antes mencionadas, y donde la humedad final fue de 21-50 %, Generalmente en el biosecado de residuos sólidos urbanos (con aireación forzada) se obtiene una humedad final de 20 % [3], [10] el cual coincide con la humedad en el centro de las pilas evaluadas. Por consiguiente, se puede decir que la humedad final obtenida en este trabajo en el centro de las pilas, es típica del biosecado.

Tabla 2. Contenido de humedad inicial/final y porcentaje de reducción de humedad en las pilas de biosecado.

Número de pila	Humedad inicial centro (%)	Humedad final centro (%)	Humedad inicial superficie (%)	Humedad final superficie (%)	Reducción de humedad centro (%)	Reducción de humedad superficie (%)
P1	69.91	18.45	69.91	11.68	73.60	83.29
P2	66.14	18.96	66.14	10.11	71.33	84.71
P3	64.08	19.12	64.08	9.16	70.16	85.70

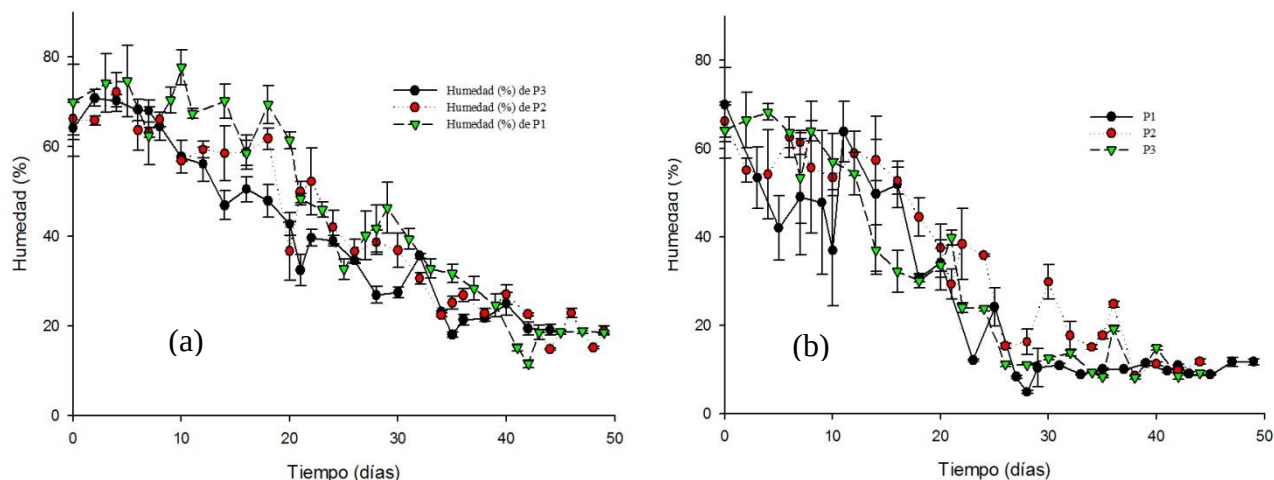


Figura 2. Cambio del contenido de humedad (%) en el centro (a) y superficie (b) de la pila de residuos sólidos con respecto al tiempo de proceso

3.2. Efecto de la frecuencia de volteo

En el transcurso de un volteo, tanto los residuos como el vapor encerrado en el centro de las pilas fueron expuestos al ambiente, por lo que este vapor podía salir sin obstáculos, lo que trae a su vez un enfriamiento de las pilas. El aire circundante, tuvo contacto directo y acarrea el vapor [3], al mismo tiempo que los residuos fueron oxigenados para poder continuar con la actividad microbiana. Sin embargo, a consecuencia de la oxigenación y de que los microorganismos ya habían pasado la fase de adaptación al medio y condiciones de las pilas, después de cada volteo la temperatura en el centro de las pilas aumentó 30 °C aproximadamente en un periodo de 24 horas como se muestra en la Figura 3. En general, luego del incremento intenso de temperatura, esta disminuyó gradualmente. En [10] se reportó que bajas temperaturas dentro de los residuos se relacionan con una menor actividad microbiana. Por lo tanto, el aumento drástico de temperatura encontrado en este trabajo se puede atribuir a una intensa actividad microbiana. Se puede decir que la frecuencia de volteo no influyó en las máximas temperaturas del centro de las pilas P1, P2 y P3, que fueron de 67.9°, 72.3° y 70.75, respectivamente, como se observa en la Figura 3. Esto contradice a lo que se ha reportado en las pilas de compostaje, donde una mayor frecuencia de volteo en pilas generó una mayor temperatura [11]. Lo anterior se puede deber a la diferencia que existe entre los procesos, principalmente a la rehumidificación que se hace en el compostaje para mantener condiciones óptimas de degradación.

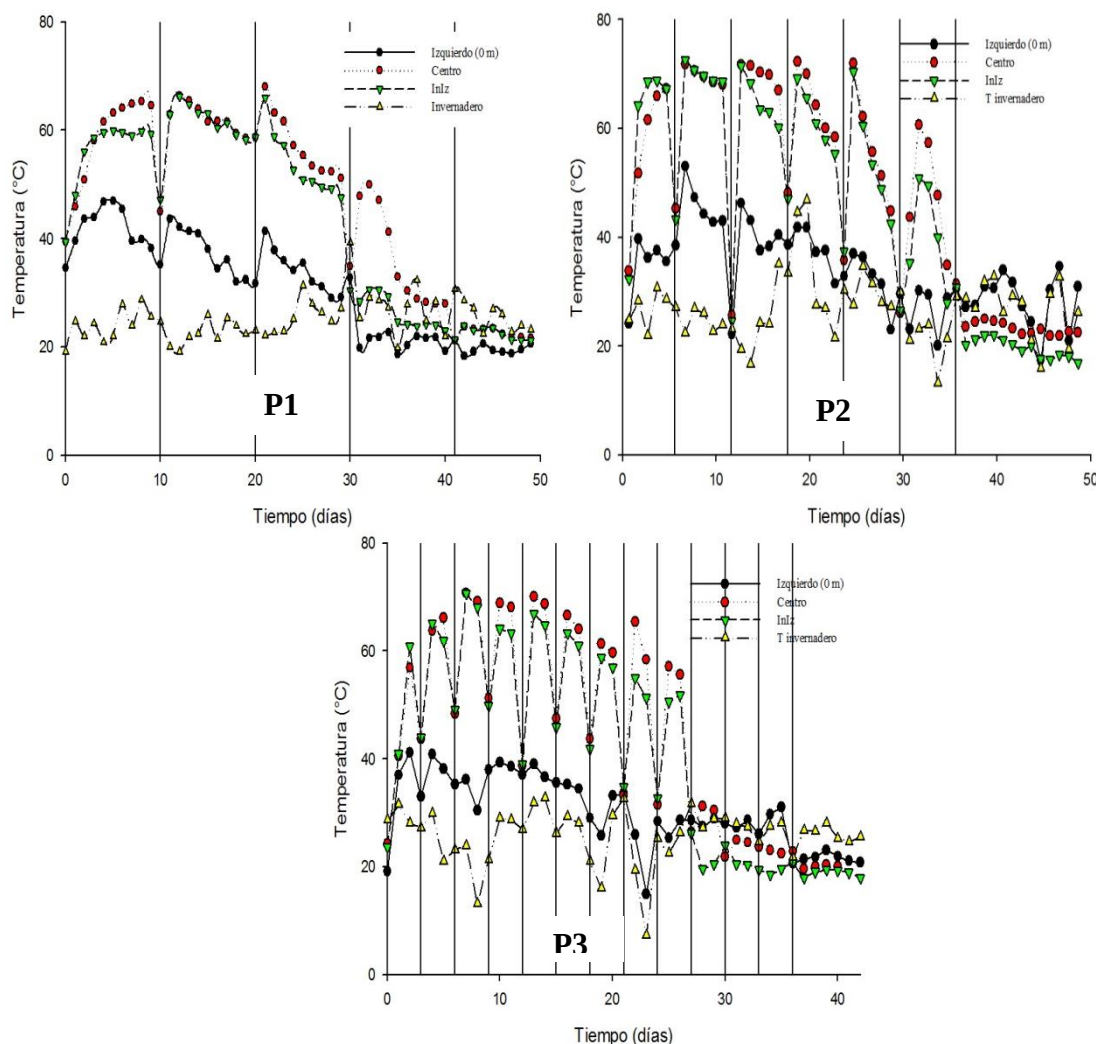


Figura 3. Perfil de temperatura sobre el eje horizontal de las pilas P1, P2 y P3. Las líneas verticales negras indican el volteo de la pila.

Debido al número de volteos, en la pila P3 existió una mayor aireación que en las pilas P1 y P2. La frecuencia de volteo de las pilas influyó más en el contenido de humedad del centro, que en el de la superficie de las pilas. En el centro de la P3 se alcanzó una humedad de 26.87 % en 28 días, mientras que la P1 y P2 se obtuvo una humedad similar hasta los 37 y 34 días respectivamente. Esto coincide con lo reportado en pilas de compostaje donde una mayor frecuencia de volteo genera una mayor reducción de humedad [12]. En biosecado, en [3] y [4] se reporta que elevados flujos de aireación mejora la tasa de secado.

Las pilas P1 y P2 presentaron $T > 40$ en el centro durante 34 días, mientras que en la pila P3, la temperatura no superó los 40°C después del día 26. Por lo tanto, al ser más rápida la deshidratación en la pila P3, la actividad microbiana de fase termofílica duró 8 días menos que en los otros dos tratamientos. En [4], [2] se menciona que condiciones de humedad baja inhiben la actividad microbiana y su movimiento, producto del estrés de agua. En [12] se reporta que con un contenido de humedad de 20 % en pilas de compostaje, la actividad microbiana es muy poca o se inhibe completamente. Este contenido de humedad en el centro es cercano al que tenía P3 en el día 26. Por lo tanto, la mayor frecuencia de volteo en P3 incidió para disminuir la duración de la fase termofílica y el contenido de humedad en un tiempo más corto que en las pilas P1 y P2. Con respecto a la superficie, el efecto de la frecuencia de volteo no fue evidente en la



disminución del contenido de humedad en las pilas. Entonces, el tiempo más corto para biosecar los residuos orgánicos se presentó en la pila P3. No obstante, una mayor frecuencia de volteo requiere una labor intensiva, donde se tiene que considerar los recursos materiales y humanos para llevar a cabo un biosecado adecuado y conforme a las necesidades.

4. CONCLUSIONES

La frecuencia de volteo en una pila de composta afectó la duración de la fase termofílica, y el tiempo de bioproceso. La mayor frecuencia de volteo en la pila P3 redujo la duración de la fase termofílica, así como el contenido de humedad disminuyó en un menor tiempo comparado con las pilas P1 y P2.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SEMARNAT. 05 de noviembre de 2012. www.semarnat.gob.mx
- [2] Velis, C.A., Longhurst, P.J., Drew, G.H., Smith, R., Pollard, S.J.T. (2009). Biodrying for mechanical-biological treatment of wastes: A review of process science and engineering. *Bioresource Technology*, 100, 2747–2761.
- [3] Navaee-Ardeh, S., Bertrand, F., Stuart P.R. (2006). Emerging biodrying technology for the drying of pulp and paper mixed sludge. *Drying Technology*, 24, 863-878.
- [4] Adani, F., Baido, D., Calcaterra, E., Genevini, P. (2002). The influence of biomass temperature on biostabilization-biodrying of municipal solid waste. *Bioresource Technology*, 83, 173-179.
- [5] Colomer-Mendoza, F.J., Robles-Martínez, F., Herrera-Prats, L., Gallardo-Izquierdo, A., Bovea, M.D. (2012). Biodrying as a biological process to diminish moisture in gardening and harvest wastes. *Environment, Development and Sustainability*, 14, 1013-1026.
- [6] Robles-Martínez, F., Silva-Rodríguez, E. M., Espinosa-Solares, T., Piña-Guzmán, B., Calixto-Mosqueda, C., Colomer-Mendoza, F. J., Durán-Páramo, E. (2012). Biodrying under greenhouse conditions as pretreatment for horticultural waste. *Journal of Environmental Protection*, 3, 298-303.
- [7] Robles, M.F., Gerardo, N.O., Piña, G.A.B., Montiel, F.L., Colomer, M.F., Orozco, A.C. (2013). Obtención de un combustible alterno a partir del biosecado de residuos hortofrutícolas. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29, 79-88.
- [8] Rada, E.C., Ragazzi, M., Badea, A., (2012). Msw bio-drying: design criteria from a 10 years research. *Scientific Bulletin Politehnica University of Bucharest, Series d*, 74 (3), 209-216.
- [9] Geankoplis, C. (1998/1999). *Procesos de transporte y operaciones unitarias* (1ª Reimpresión). México: CECSA.
- [10] Zhang, D., He, P., Shao, L. (2009). Effect of leachate inoculum on biopretreatment of municipal solid waste by a combined hydrolytic-aerobic process. *Journal of Environmental Sciences*, 21, 1162-1168.
- [11] Oviedo, O.E.R., Marmolejo, R.L.F., Torres, L.P. (2014). Influencia de la frecuencia de volteo para el control de la humedad de los sustratos en el compostaje de biorresiduos de origen municipal. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 30, 91-100.
- [12] Haug, R. T. (1993). *The practical handbook of compost engineering*. Florida: CRC Press

[Indice](#)



Biosorción de Fenol en soluciones acuosas empleando Carbón Activado y bagazo de Caña de Azúcar.

¹Roberto Jesús Cabrera Carrazana, ¹Iván L. Rodríguez Rico, ²Duniesky Martínez García, ³Keasy Alva Díaz, ³Vicente Vallejo Puerta.

¹Facultad de Química-Farmacía. Departamento de Ingeniería Química. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Santa Clara, Cuba.

²Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología de Sancti Spíritus, Cuba.

³Departamento de Ingeniería Química. Instituto Tecnológico de Toluca, México, rcabrera@uclv.edu.cu; ivanl@uclv.edu.cu

RESUMEN

La contaminación del agua, ha motivado la investigación y el desarrollo de métodos eficaces de descontaminación. El fenol es considerado altamente tóxico y se encuentra presente en efluentes líquidos provenientes de diversas fábricas. La biosorción puede ser usada para la eliminación de contaminantes tales como los compuestos fenólicos presentes en aguas residuales. En este trabajo se muestran los resultados comparativos de la adsorción de fenol con dos adsorbentes diferentes, el carbón activado en polvo y bagazo de caña de azúcar. Se efectuó la caracterización física del bagazo y se le determinó el pH al cual se alcanza el punto de carga cero. Se construyó la curva patrón de absorbancia del fenol en solución para poder determinar a partir de los datos experimentales la variación de la concentración de fenol en solución en el tiempo. Además el bagazo natural se modificó químicamente con hidróxido de sodio al 10% (p/v). Se concluye que el bagazo de caña de azúcar en su estado natural no es efectivo para la remoción de fenol en soluciones acuosas y que el tratamiento químico con hidróxido de sodio tampoco contribuyó a mejorar sus propiedades adsorbentes frente a este contaminante. O sea, aunque se ha comprobado su efectividad en la remoción de metales pesados e hidrocarburos, en la remoción de fenol es inferior. En los experimentos realizados con carbón activado en polvo, para las mismas condiciones experimentales que las empleadas con bagazo de caña de azúcar, se obtuvieron remociones de fenol del 100% para concentraciones de 50 mg/L.

Palabras claves: *Fenol, Adsorción, Bagazo de caña, Carbón activado.*

1. INTRODUCCIÓN

El fenol es un sólido blanco cristalino considerado altamente tóxico, aún en bajas concentraciones. Se encuentra presente en efluentes líquidos provenientes de fábricas de resinas fenólicas, de fibras sintéticas, plaguicidas, colorantes, aceites lubricantes, centros de investigación biotecnológicos y farmacéuticos etc. La exposición prolongada a esta sustancia, paraliza el sistema nervioso central provocando lesiones en los riñones y pulmones; pudiendo desembocar en la muerte [1]. Numerosos esfuerzos han sido realizados con el fin de eliminar dichos compuestos fenólicos de aguas de desecho, entre los que destaca: la adsorción, que puede ser usada para la eliminación de contaminantes en aguas residuales, especialmente aquellos que no son fácilmente degradables como los compuestos fenólicos [2]. La adsorción con carbón activado de origen vegetal, ha sido recomendada por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) como una de las mejores tecnologías disponibles en la remoción de contaminantes orgánicos; sin embargo, el alto costo del material, ha motivado la búsqueda de otros precursores adecuados, económicos y disponibles como el bagazo de caña de azúcar; así como métodos más efectivos para su utilización [1]. El bagazo ha sido estudiado por varios autores como buen biosorbente de metales pesados, hidrocarburos y en la remoción de color [3][4][5], por lo que puede ser un potencial adsorbente de fenol en su estado natural o modificado químicamente.

Objetivos

Esta investigación tuvo como objetivo principal comparar experimentalmente las potencialidades del bagazo natural de la caña de azúcar y del carbón activado como adsorbentes de fenol.



2. METODOLOGÍA

2.1 Caracterización física del bagazo natural de caña de azúcar.

El bagazo natural empleado en los experimentos fue tomado del centralito ubicado en la UCLV “Marta Abreu”; se molió y tamizó para obtener un tamaño de partícula de 0,63 mm, luego se caracterizó granulométricamente para determinar, densidad real de las partículas (ρ_{real}), densidad aparente (ρ_a), diámetro promedio de la partícula (D_p), porosidad (ϵ), superficie másica del material (A_p) y la superficie específica volumétrica del material (a_p).

2.2 Determinación del pH de punto de carga cero.

El punto de pH de carga cero se determinó según el procedimiento conocido como método de deriva de pH [6],[7],[8], introduciendo 50mL de agua destilada en vasos de precipitados de 100 mL, ajustando el pH de cada solución desde 1 hasta 12 añadiendo cantidades adecuadas de Ácido Clorhídrico (HCl) a 0,1 M o Hidróxido de Sodio (NaOH) a 0,1 M y posteriormente añadiendo 0,5g de muestra (bagazo) y se mide el pH final pasadas 48h bajo agitación y a temperatura ambiente. El punto de carga cero es el punto donde la curva de pH_{final} vs $\text{pH}_{\text{inicial}}$ corta a la diagonal.

2.3 Modificación química del bagazo

El bagazo se utilizó como material adsorbente en su estado natural, lavado con agua y lavado con NaOH 1% (p/v). El lavado con agua destilada se realizó en un vaso de precipitado de 500 mL y un agitador marca IKA-WERK a temperatura ambiente y 250 rpm, en 4 pasos: el primer lavado se realizó en un tiempo de 3 h, seguido de 3 pasos de lavado de 10 minutos cada uno. En todos los lavados se utilizaron relaciones peso de bagazo (g) volumen de agua (mL) 1:100. El bagazo resultante se filtró y secó a 80°C durante 5 h. El lavado con NaOH 1% (p/v) se realizó en un vaso de precipitado de 800 mL y un agitador marca IKA-WERK a temperatura ambiente y 250 rpm, en 6 pasos. El primer paso de lavado duró 1 h, seguido de 5 pasos de lavado con agua, de 10 minutos cada uno. En el primer lavado se utilizó una relación peso de bagazo (g) volumen de NaOH 1% (mL) 1:100 y en el resto de los lavados una relación peso de bagazo (g) volumen de agua (mL) 1:500. El bagazo resultante se filtró y secó a 80°C durante 5 h.

2.4 Estudio de la adsorción de fenol.

Todos los ensayos de adsorción se llevaron a cabo en un sistema discontinuo agitado comprendido por un criostato marca JULABO con capacidad para ajustar la temperatura desde -20 hasta 100°C, un agitador de hélice marca IKA-WERK de 2400 rpm y un vaso de precipitado (beaker) de 500mL. Todos los estudios se realizaron a un volumen de trabajo de 100 mL, con una concentración inicial de fenol de 50 mg/L una relación masa de adsorbente/volumen de la solución de 10 g/L, y un grado de agitación 250 rpm. Se analizaron los efectos de los siguientes parámetros: tiempo de equilibrio (rango de variación entre 0 y 1h), pH (3 y 5), temperatura (20, 30 y 40°C).

3. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1 Caracterización del bagazo de caña de azúcar.

Para determinar la densidad real se utilizó el Método Picnométrico según [9] y para la determinación de la densidad aparente la Prueba en Probeta según [9]. La superficie másica del material (A_p) y la superficie específica volumétrica del material (a_p) se determinaron por tamizado o cribado. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 1.

Tabla 1: Valores de densidad real, densidad aparente, porosidad, superficie másica y superficie específica volumétrica obtenidos para una muestra de 40g de bagazo de caña de azúcar.

$\rho_{\text{real}} (\text{kg/m}^3)$	$\rho_a (\text{kg/m}^3)$	ε	$A_p (\text{m}^2/\text{kg})$	$a_p (\text{m}^2/\text{m}^3)$
356.3	101,8	0,71	21,3	7 587,3

Del análisis por tamizado también se obtuvo la función de distribución acumulativa del bagazo la que se muestra en la figura 1.

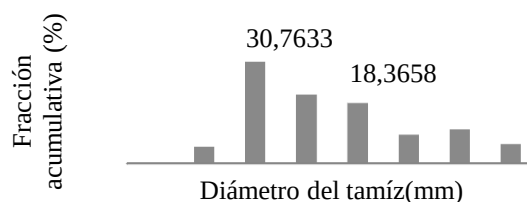


Figura 4: Función de distribución acumulativa del bagazo natural de caña de azúcar.

Al observar la tabla 1 y la figura 1 se evidencia que el bagazo tiene una estructura irregular con gran porosidad y un área superficial que comparada con la del carbón activado (puede llegar hasta $500 \text{ m}^2/\text{kg}$) es muy pequeña. Teniendo en cuenta estas características de gran importancia para el proceso de adsorción, el área específica másica que posee el bagazo podría influir en la obtención de bajos porcentajes de remoción de fenol. En la figura 1 se aprecia que de un muestra inicial de 40g de bagazo natural, el 18,3658% se corresponde con la granulometría deseada.

3.2 Determinación del punto de pH de carga cero.

Los resultados del estudio del punto de carga cero según el método de deriva de pH se muestran en la figura 2.

En la misma se señala el punto de carga cero como el punto en el que coinciden el pH inicial y final de la suspensión biosorbente. Las concentraciones de H^+ y OH^- adsorbidos sobre la superficie del material son iguales en el punto de carga cero y por tanto la carga de la superficie es neutra en este punto. El valor pH obtenido para el punto de carga cero revela que el bagazo posee un carácter ácido, significando que la concentración de sitios ácidos es mayor que la de los sitios básicos y que para adsorber aniones fenólicos en solución es necesario trabajar a pH inferiores al pH de carga cero donde se obtendrá siempre mayor cantidad de grupos cargados positivamente en la superficie del bagazo, aumentando la eficiencia del proceso [8].

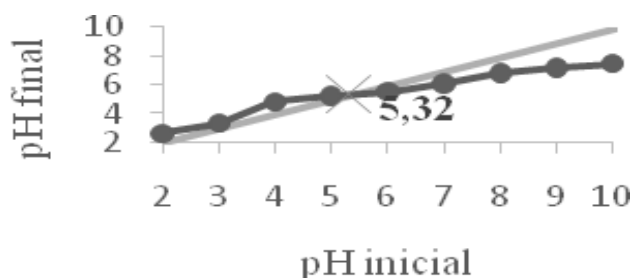


Figura 5: Determinación del pH de carga cero para el bagazo natural de caña de azúcar usando el método de deriva de pH.

3.3 Curva patrón de fenol.

Para conocer la variación de la concentración de fenol en el tiempo de las muestras problema, se realizó una curva patrón con concentraciones conocidas de fenol. La figura 3 muestra los resultados obtenidos.

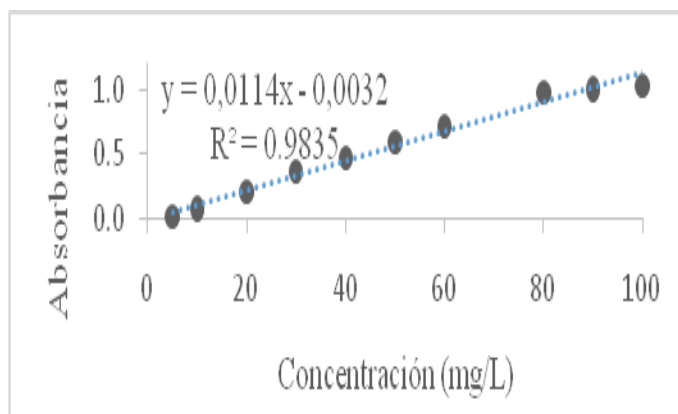


Figura 6: Curva de Absorbancia para fenol.

3.4 Empleo del bagazo de caña en su estado natural.

Es conocido que los compuestos lignocelulósicos liberan pigmentos (que contienen polifenoles) al medio por esta razón, se evaluó si el material a utilizar liberaba gran cantidad de pigmentos al agua y que influencia tendría en la determinación de las lecturas de absorbancia de fenol. Tomando en cuenta lo anteriormente expuesto se decidió realizar el primer experimento donde se mezcló bagazo con una solución de fenol a 50 mg/L y se midió la absorción a 270 nm; los resultados obtenidos se muestran tabulados a continuación:

Tabla 2: Resultados obtenidos del primer experimento realizado a pH=3.

Tiempo (min)	0	5	10	20	30	40	50	60	120	180	240
Absorbancia ($\lambda=270$ nm)	0,6	1,127	1,227	1,286	1,305	1,345	1,35	1,357	1,38	1,46	1,46

Se puede observar que lejos de adsorber lo que ocurre es un proceso de desprendimiento de lignina, pigmento aporta color y polifenoles a la solución provocando interferencias o enmascaramiento de la lectura real que se debería obtener en el espectrofotómetro. Se decidió realizar un espectro de absorción para verificar si existía una longitud de onda a la cual se podrían obtener lecturas de absorbancia que permitieran estudiar el proceso de adsorción del fenol. Los resultados obtenidos se muestran en la figura 4.

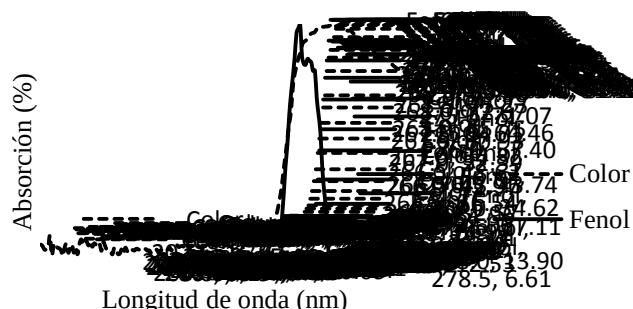


Figura 7: Espectro de absorción del fenol y del color liberado por el bagazo respectivamente.

En la figura 4 se observa que tanto el fenol como los pigmentos liberados que aportan color absorben en el mismo rango de longitud de onda, entre 260 y 280 nm. Estos resultados indican que no existe una longitud de onda donde se pudiera obtener un máximo de absorbancia por uno de los compuestos y un mínimo por el otro, pues se enmascaran los resultados. Por esta razón se decidió experimentar dos variantes de lavado del bagazo para eliminar el pigmento.

3.5 Empleo del bagazo lavado con agua.

Con el bagazo resultante de los lavados con agua se realizaron experimentos de adsorción a diferentes temperaturas (20, 30 y 40°C) y a diferentes pH (3, 5 y 7). Los valores resultantes de estos experimentos se observan en la tabla 3. En todos los casos se aprecia un aumento aparente del fenol con la variación del tiempo y de igual forma se observa un incremento con el aumento de la temperatura y de pH. Este resultado indica que el bagazo aun es capaz de liberar pigmentos a pesar de los lavados realizados, lo que provoca un enmascaramiento del valor real de la concentración de fenol. Por esta razón se experimentó una nueva variante de lavado.

3.6 Empleo del bagazo lavado con hidróxido de sodio.

Con el bagazo resultante de los lavados con hidróxido de sodio se realizaron experimentos de adsorción a diferentes temperaturas (20, 30 y 40°C) y a diferentes pH (3, 5 y 7). Los valores resultantes de estos experimentos se observan en la tabla 4. En todos los casos se aprecia una estabilidad en la concentración del fenol con la variación del tiempo sin reducción o incremento con el cambio de los diferentes parámetros evaluados. Este resultado indica que el bagazo lavado con hidróxido de sodio no libera pigmentos durante el proceso, sin embargo, tampoco ocurre la operación de adsorción de fenol por el bagazo de caña en las condiciones experimentales empleadas.

Tabla 3: Concentraciones de fenol en solución con el tiempo a diferentes valores de pH y temperaturas en la adsorción con bagazo de caña.

Tiempo (min)	Temperatura					
	20°C		30°C		40°C	
	pH		pH		pH	
	3	5	3	5	3	5
0	50,6	53,5	42,8	55,0	54,2	52,0
5	50,9	53,9	41,3	52,6	70,2	73,2
10	51,3	54,2	42,1	53,3	71,3	78,3
20	51,7	54,6	43,5	53,4	75,3	81,4
30	51,9	55,9	44,8	56,9	76,8	86,2
40	52,1	55,3	44,8	57,8	77,1	89,1
50	52,5	55,5	44,1	58,0	79,8	91,2
60	52,9	55,9	44,3	57,4	77,2	93,7

Tabla 4: Concentraciones de fenol en solución con el tiempo a diferentes valores de pH y temperaturas en la adsorción con bagazo de caña tratado con NaOH.

Tiempo (min)	Temperatura					
	20°C		30°C		40°C	
	pH		pH		pH	
	3	5	3	5	3	5
0	50,6	53,5	50,4	55,0	54,2	52,0
5	51,0	50,3	52,0	54,0	50,3	51,7
10	50,2	51,2	50,3	50,2	55,0	50,2
20	52,2	50,2	51,0	54,2	54,0	53,4
30	51,0	50,3	49,2	50,3	50,3	52,1
40	49,0	55,0	50,0	55,0	50,4	55,0
50	50,2	53,4	51,8	53,2	52,0	53,1
60	50,4	50,2	54,0	54,8	53,2	52,9

Como conclusiones preliminares de este epígrafe se puede decir que el bagazo natural o modificado con NaOH no es un material biosorbente que pueda ser empleado en la adsorción de fenoles ya que se demostró experimentalmente que este no tiene poder para adsorber fenol en las condiciones de trabajo a las que se evaluó.

3.7 Empleo del carbón activado en polvo.

En sentido paralelo al desarrollo de los experimentos anteriores, se realizaron igual cantidad de experiencias con carbón activado en polvo a las mismas condiciones y relaciones que las utilizadas para el bagazo natural de caña. Los porcentajes de remoción obtenidos de los experimentos anteriores se muestran en la figura 5.

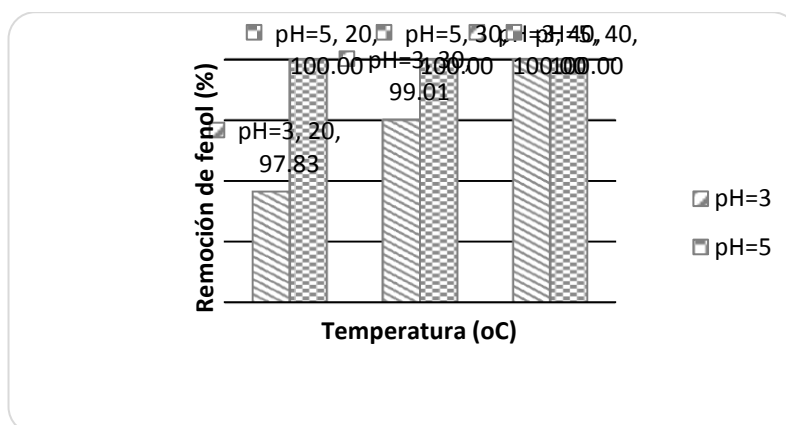


Figura 8: Porcientos de remoción de fenol a 50 mg/L con 10 g/L de carbón activado, variando la temperatura y el pH.



4. CONCLUSIONES

1. La caracterización físico-química del bagazo de caña de azúcar indica que este material es altamente poroso, de baja densidad y pequeña área superficial, por lo que aunque este material ha sido efectivo en la remoción de metales pesados y de hidrocarburos, lo limita para la remoción de fenol.
2. La determinación del punto de carga cero del bagazo de caña aportó información para realizar los experimentos de adsorción al pH en el cuál se garantizaba la carga electrostática adecuada en el biosorbente para remover fenol.
3. El bagazo de caña de azúcar en su estado natural no es efectivo para la remoción de fenol en soluciones acuosas y el tratamiento químico con hidróxido de sodio tampoco contribuyó a mejorar sus propiedades adsorbentes frente a este contaminante.
4. Los experimentos realizados con carbón activado en polvo, para las mismas condiciones experimentales que las empleadas con bagazo de caña de azúcar, demostraron la avidez de este adsorbente por el fenol, con remociones del 100 % para concentraciones de 50 mg/L.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Delgadillo Gamboa, G., & Sun Kou, M. d. (2009). *Adsorción de fenol con carbones activados preparados a partir de pepas de níspero de palo por activación química*. Perú: Universidad Nacional del Callao.
- [2] Cuizano, N., P. Llanos, B., & Navarro, A. (2009). Aplicaciones Ambientales de la Adsorción Mediante Biopolímeros Naturales: Parte 1- Compuestos Fenólicos. *Rev Soc Quím Perú*, 4 (75), pp.495-508.
- [3] Martín Lara, Á. (2008). *Carcterización y aplicación de biomasa residual a la eliminacion de metales pesados*. Granada.
- [4] Martín Lara, M. A., Rodríguez Rico, I. L., Blázquez, G., & Calero, M. (2011). Factorial experimental design for optimizing the removal conditions of lead ions from aqueous solutions by three wastes of the olive-oil production. *Desalination* , 276, pp.132-140.
- [5] González Bermúdez, Y., Rodríguez Rico, I. L., G., O., & Guibal, E. (2011). Nickel biosorption using *Gracilaria caudata* and *Sargassum muticum*. (E. B. V, Ed.) *Chemical Engineering Journal* , CXVI (3), pp.122-131.
- [6] González Bermúdez, Y., Rodríguez Rico, I. L., Guibal, E., Calero de Hoces, M., & Martín Lara, M. A. (2012). Biosorption of hexavalent chromium from aqueous solution by *Sargassum muticum* brown alga. Application of statistical design for process optimization. *Chemical Engineering Journal* , CLXXXIII, pp.68-76.
- [7] Rivera Utrilla, J., Bautista Toledo, I., Ferro Garcia, M., & Moreno Castilla, C. (2003). Bioadsorption of Pb(II), Cd(II) and Cr(VI) on activated carbon from aqueous solution . *Carbon* , 41 (2), pp. 323-330.
- [8] Martín Lara, M. A., Rodríguez Rico, I. L., Alomá Vicente, I. C., Blázquez García, G., & Calero de Hoces, M. (2010). Modification of the sorptive characteristics of sugarcane bagasse for removing lead from aqueous solutions *Desalination*. 256, pp.58-63.
- [9] Rosabal Vega, J., & Valle Matos, M. (1998). *Hidrodinámica y separaciones mecánicas* (ENPES ed.). La Habana: Talleres gráficos de la dirección de publicaciones y materiales educativos del ISPEN.

[Índice](#)



Evaluación de los Residuos Pétreos de Construcción y Demolición en el Municipio de Puebla y su Factibilidad para Reusó

¹Luis Ricardo Morales Juárez, ¹Alfredo Hernández Andrade, ¹Ing. Ixchel Angélica Sánchez Ibarra, ²Raciel Flores Quijano.

¹ Instituto Tecnológico de Puebla, Avenida Tecnológico Numero 420 Colonia Maravillas C.P 7220 Puebla Puebla, Teléfono (0122) 2298823, e-mail: cscbasicasitpuebla@gmail.com. ²Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP).

RESUMEN

El Estado de Puebla a partir de 1985 ha tenido un crecimiento acelerado, de 992 mil habitantes en ese año a 5'779,829 en 2010, esto origina volúmenes considerables de obra de construcción tanto de vivienda como de infraestructura y generación de residuos, así como la demanda de materiales pétreos de primer uso. En 2011 se generaron 915,899.75 toneladas de residuos de la construcción y demolición.

Desde 2012 se otorgó a la empresa Triturados San Jerónimo la autorización para la recepción y manejo de estos residuos, misma que prevé que en cuatro años el Banco de Tiro llegue a su capacidad máxima, por lo que es necesario considerar como prioridad el reciclaje.

El objetivo es elaborar propuestas de uso con materiales reciclados provenientes de los residuos de construcción y demolición. La identificación de las fuentes generadoras y sus operaciones, así como la realización de pruebas de laboratorio y la evaluación de los resultados con las especificaciones establecidas por la normatividad vigente determinan su posible reutilización.

Con los datos aportados por la caracterización y análisis de los residuos de construcción y demolición realizados con métodos estándar y análisis por muestreo estadístico, podemos concluir que los estudios de caracterización de estos residuos son fundamentales para obtener la información que nos permita la posibilidad de reusó, los resultados de laboratorio no presentaron deficiencias significativas, para elaborar concreto, pero para lograr un mejor aprovechamiento es indispensable establecer las condiciones de su manejo en la fuente generadora, en su reprocesado, y concientizar a los usuarios potenciales.

Palabras Clave: *Aprovechamiento, Caracterización, Usuarios.*

1. INTRODUCCIÓN

La provisión de infraestructuras y edificios es indispensable para apoyar el desarrollo económico local, la industria de la construcción cada vez tiene un papel vital en la formación de un entorno sostenible.

En México el 74% de los residuos de manejo especial provienen de la construcción [1]. Así que el implementar alternativas de reciclaje es de vital importancia no solo por el gran volumen de espacio que ocupan sino también para minimizar el impacto al ambiente generado por la emisión de CO₂ mediante la logística y transporte, la reducción del uso del material nuevo y explotación de recursos naturales.

Actualmente en la ciudad de Puebla existen dos bancos de tiro para la disposición de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) Banco de Tiro la Loma y Banco de Tiro San Jerónimo.

El presente estudio tiene como objetivo elaborar propuestas de uso con materiales reciclados provenientes de los residuos de construcción y demolición para la elaboración de agregados finos y gruesos utilizados en la fabricación de concreto mediante pruebas de laboratorio y con ello realizar la evaluación de los resultados con las especificaciones establecidas por la normatividad vigente para el soporte y aseguramiento en la calidad para su utilización.

Se estará realizando en el Banco de Tiro San Jerónimo, el cual inicia actividades de reciclaje de residuos de la construcción y la demolición en el 2012. Para la caracterización de estos residuos se efectuaron pruebas de laboratorio de acuerdo a la normatividad vigente a materiales utilizados en la construcción elaborados con productos reciclados específicamente: grava y arena, y a materiales elaborados con agregados naturales, de acuerdo a lo resultados obtenidos se procede con las propuestas de uso para la elaboración de concreto.

2. METODOLOGÍA

La muestra fue tomada del material que es ingresado al Banco de Tiro San Jerónimo, ubicado en carretera federal Puebla-Tlaxcala kilómetro 7.5.

Con el material muestreado mediante el Método de Cuarteo [2] en base a los volúmenes de generación se realizó un muestreo aleatorio por lotes de producción de acuerdo a las cantidades ingresadas al banco de tiro, se efectuaron pruebas físicas en el Laboratorio Integral de Concreto de la Benemérita Universidad Autónoma del Estado de Puebla para comprobar la viabilidad técnica del uso de los agregados reciclados en la elaboración de concreto. Figura 1

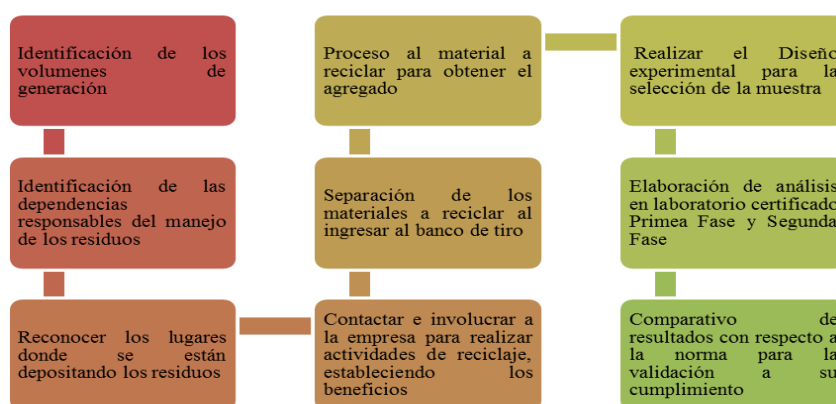


Figura 1. Metodología para el reciclaje de residuos de construcción y demolición

La primera etapa consistió en pruebas a un lote de arena y un lote de grava elaborados con material reciclado y pruebas a otro lote de arena y grava elaboradas con agregados naturales. Las pruebas realizadas en la primera fase fueron: Contenido de Humedad en Arena y Grava, Determinación de los Pesos Volumétricos, Módulo de Finura, Absorción, Densidad Prueba de Desgaste o Resistencia a la abrasión por medio de la máquina de los ángeles, Equivalente de Arena [3] – [14]. De acuerdo a la factibilidad de los resultados obtenidos en la primera etapa se procedió a realizar la segunda etapa que consistió en elaborar cilindros de concreto con el 100% de los agregados de material reciclado para posteriormente realizar la prueba de resistencia a la compresión.

3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó el análisis del material ingresado al banco de tiro durante el 2013, de un total de 544,780 m³ de residuos de construcción y demolición el 84% es escombros mixtos, el cual no se recicla debido a su alto contenido de diferentes materiales (plástico, madera, concreto, ladrillo, entre otros) y el costo de separarlo es elevado, así que estos residuos proceden a la disposición final en el vertedero. Para la elaboración de grava y arena con material reciclado se utiliza el concreto, carpeta asfáltica y concreto armado los cuales representan el 10% de todo el material ingresado, ver Figura 2. El material con potencial de reciclaje se coloca clasificado y separado, para posteriormente pasar por el proceso de triturado y poder obtener arena y grava, ver Figura 3

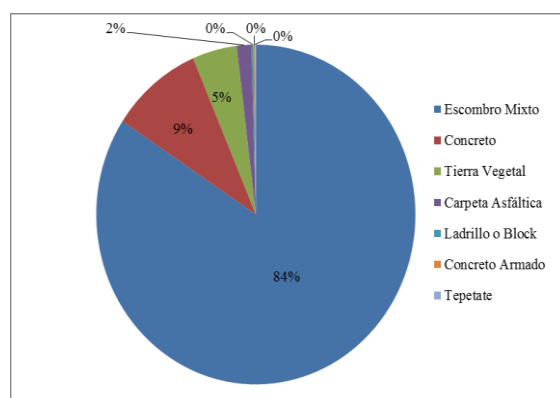


Figura 2. Porcentaje de residuos de construcción y demolición ingresados al banco de tiro.



Figura 3. Izquierda arena y a la derecha grava, ambos elaborados con material reciclado.

3.1 Resultados primera fase

La Tabla 1 muestra los resultados de laboratorio del agregado fino elaborado con material reciclado y el agregado fino natural, así mismo la Tabla 2 muestra los resultados para el agregado grueso elaborado con material reciclado y el agregado grueso natural.

Tabla 1. Resultados pruebas de laboratorio agregado fino

Prueba	Arena RCD	Arena Convencional
Peso Volumétrico Seco Suelto kg/cm ³	1427.23	1575.14
Peso Volumétrico Seco Compactado kg/m ³	1572.16	15780.50
Humedad %	5.26	5.26
Densidad gr/cm ³	1.52	1.55
Absorción %	5.26	4.25

Equivalente de Arena %	37.80	31.11
MF	1.89	2.10

Tabla 2. Resultados pruebas de laboratorio agregado grueso

Prueba	Grava RCD	Grava Convencional
Peso Volumétrico Seco Suelto kg/cm ³	1366.27	1366.61
Peso Volumétrico Seco Compactado kg/m ³	1477.47	1409.56
Humedad %	2.04	0.00
Densidad gr/cm ³	2.15	2.24
Absorción %	9.35	5.95
Prueba desgaste Los Ángeles	70.58	72.69
MF	6.99	7.20

De acuerdo a los resultados de las pruebas de laboratorio podemos deducir en cuanto el peso volumétrico suelto para el agregado fino y grueso cumplen de acuerdo a lo establecido por la American Society for Testing Materials ASTM C29. Los parámetros de humedad se encuentran dentro de lo señalado por los procedimientos y estándares incluidos en la ASTM C70, C127, C128 Y C 566.

La densidad del agregado grueso se encuentra dentro de lo establecido por la ASTM 127 y la densidad del agregado fino está ligeramente por debajo, se observa este resultado tanto para la arena convencional como para la arena elaborada con material reciclado. Para el módulo de finura de acuerdo a la AST C125 el agregado grueso elaborado con material reciclado está dentro de los límites, pero el agregado fino está por debajo del límite inferior establecido observándose un comportamiento similar en el agregado convencional.

El resultado de absorción de acuerdo a los procedimientos asentados en la ASTM C70, C127, C128 y C566, indica que el agregado fino es más apto para ser utilizado que el agregado grueso en la elaboración de una mezcla en la cual no se va a regular la cantidad de agua por razón de la absorción, el resultado del agregado grueso elaborado con material reciclado presenta un mayor porcentaje de absorción en comparación del agregado grueso natural; la absorción es quizás la propiedad del agregado que más influye en la consistencia del concreto, puesto que las partículas absorben agua directamente en la mezcladora, disminuyendo la manejabilidad de la mezcla. Este punto debe de considerarse para la elaboración del concreto en el ajuste de la relación agua/cemento.

3.2 Resultados segunda fase

Una vez obtenidos los resultados de la primera fase y cumpliendo mayoritariamente con las especificaciones, se procede a realizar la segunda fase que consiste en la fabricación de cilindros de concreto con los agregados de la primera fase, para posteriormente realizar las pruebas de resistencia a la compresión a los 7 y 14 días, la Tabla 3 contiene los resultados.

Tabla 3. Resultados resistencia a la compresión

	Prueba a los 7 días	Prueba a los 14 días



	Cilindro 1	Cilindro 2
Carga	449.62 KN	392.40 KN
Resistencia	254.44 N/mm ²	222.06 N/mm ²

Para los resultados de la segunda fase obtuvimos un efecto satisfactorio en cuanto a la resistencia a la compresión del concreto que fue elaborado con arena y grava de material reciclado, tomando en consideración el ajuste de la relación agua/cemento, del cual se habla en los resultados de la primera fase.

4. CONCLUSIONES

Los agregados grueso y fino elaborados con material reciclado se pueden utilizar para la elaboración de concreto, en las pruebas de laboratorio los resultados están dentro de los parámetros, pero es importante considerar la absorción del agregado grueso, a pesar de estar fuera de los límites, en la segunda fase de las pruebas se obtiene un resultado satisfactorio en la elaboración de los cilindros y la aplicación de la prueba de compresión. Así mismo es importante el desarrollar un sistema que incluya el manejo integral de los residuos de construcción y demolición desde la generación hasta su nuevo uso, para mejorar las alternativas de reciclaje, así como el soporte de una norma enfocada al reciclaje de estos residuos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos las facilidades otorgadas a Triturados San Jerónimo en la ciudad de Puebla, Puebla, así mismo al Laboratorio Integral del Concreto de la Benemérita Universidad Autónoma del Estado de Puebla por el apoyo en proporcionar sus instalaciones para la realización de las pruebas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial (25 de Noviembre 2013). <http://www.ssaot.puebla.gob.mx/>. 24 de Noviembre, 2013, 1:12am.
- [2] NORMA MEXICANA NMX-AA-15-1985
- [3] ASTM C29 Método de ensaye estándar para determinar la densidad en masa (peso unitario) e índice de huecos en los agregados.
- [4] ASTM C 33 Standard Specification for Concrete Aggregates.
- [5] C 125 Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates.
- [6] ASTM C 128 – 01. Método de ensayo estándar para determinar la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y la absorción de agregados finos.
- [7] ASTM C 29/C 29M – 97. Método de ensayo para los pesos unitarios y vacíos en los agregados.
- [8] ASTM C 70 – 94. Método de ensayo para la humedad superficial en agregado fino.
- [9] ASTM C 125 – 03. Terminología relacionada con el concreto y agregados para el concreto.



- [10]ASTM C 127 – 01. Método de ensayo para determinar la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y la absorción de agregados gruesos.
- [11]ASTM C 188 – 95. Método de ensayo para la densidad del cemento hidráulico.
- [12] C 566 – 97. Método de ensayo para el contenido de humedad total del agregado por secado.
- [13]ASTM C 670 – 03. Práctica para preparar la declaración de precisión y tendencia para métodos de ensayo en materiales de construcción.
- [14]ASTM C 702 – 01. Práctica para la reducción de muestras de agregado a tamaños de ensayo.

[Indice](#)



Determinación de CO₂ de una Vermicomposta elaborada con Estiércol Vacuno a diferentes tiempos de Incubación

¹Hortencia Sánchez-Ramírez, ¹Diana Lizbeth, ¹Santana-Velasco, Fabiola, ¹Carrasco-Salero, ²Jorge Lugo

¹Universidad Tecnológica del Valle de Toluca. Carr. del Departamento del D.F.
Km 7.5. Santa María Atarasquillo, Lerma, México. C.P. 52014, horte_417@yahoo.com.mx.

²Facultad de Ciencias, UAEMex. Campus el Cerrillo, Piedras Blancas, Carr. Toluca-Ixtlahuaca Km 15.5, Edo de México. C.P. 50295.

RESUMEN

El presente trabajo pretende determinar el estrés microbiano derivado de la actividad metabólica de los microorganismos de una vermicomposta con estiércol, para establecer su calidad como acondicionador del suelo. El vermicomposteo es una forma de reutilizar los desechos animales para convertirlos en abono orgánico. El objetivo del estudio es determinar el CO₂ producido por una vermicomposta a diferentes tiempos de incubación. La vermicomposta se elaboró con tres diferentes dosis de estiércol: 4, 8 y 10 ton ha⁻¹ que equivalen a 600, 1600 y 2000 g de peso en seco de estiércol respectivamente, por un periodo de 60 días; en ese lapso se obtuvieron muestras a 15, 30 y 60 días del proceso de vermicomposteo para la determinación del CO₂, la cual se llevó en una trampa alcalina en recipientes de vidrio con cierre hermético incubados durante 15 días a 25°C. Se determinó el CO₂ desprendido por los microorganismos mediante la valoración del NaOH con HCl. Los resultados en mg CO₂/100g SS indican que en el tratamiento a 10 ton ha⁻¹ el desprendimiento de CO₂ es mayor (6440.76 a 15 días, 9856.27 a 30 días y 6785.62 a 60 días). Y con relación a los diferentes días de incubación a 60 días, los tratamientos de 4, 8 y 10 ton ha⁻¹ son muy similares que casi no hay diferencias. Por lo que se puede concluir que los microorganismos están más estresados en los primeros días de incubación (15 y 30 días) y por lo tanto presentan mayor actividad biológica.

Palabras clave: *Abono orgánico, Enmiendas, Lombricomposta, Respiración microbiana.*

1. INTRODUCCIÓN

Los abonos orgánicos son un producto altamente demandado, los abonos más comunes son las compostas convencionales, aunque también se aplican otro tipo de abonos orgánicos como, la vermicomposta, abonos verdes, residuos de cosechas, y residuos orgánicos industriales [1]. Entre los diferentes abonos orgánicos varían sus nutrientes, características físicas y composición química, pero la aplicación constante de ellos, se ha visto que mejora las características físicas, químicas y biológicas del suelo. La vermicomposta contiene sustancias activas que actúan como reguladoras de crecimiento, posee gran CIC, así como un alto contenido de ácidos húmicos, además de gran capacidad de retención de humedad, porosidad elevada que facilita la aireación y drenaje del suelo y de los medios de crecimiento [3]. La lombriz de tierra (*E. fetida*), es una especie que se reproduce rápidamente, alcanza en poco tiempo altas densidades de población, cava túneles en el suelo blando y húmedo, succiona o chupa el desecho orgánico y digiere de ella las partículas vegetales o animales en descomposición, expulsando los elementos no digeribles y los residuos metabólicos, que son los que forman el humus [2] y es el componente principal en la elaboración de la vermicomposta.

Debido a la demanda de productos alimenticios para satisfacer las necesidades de la población, el suelo se ha degradado, por lo que se están buscando alternativas para aumentar la fertilidad de los suelos de tal forma que permitan hacer un uso más eficiente y sostenible del mismo [4]. Los fertilizantes químicos y plaguicidas tienen un alto costo, además de que su aplicación puede provocar daños al ambiente, los cuales impactan con el paso de los años a la salud humana [5]. La agricultura orgánica es una alternativa para la producción sostenida de alimentos limpios y sanos; ya que no se utilizan



químicos que dañen las plantas, al ser humano, el agua, el suelo y el ambiente [6] - [7]- [8]. El objetivo del presente estudio es determinar el CO_2 en $\text{mgCO}_2/100 \text{ gSS}$ producido por una vermicomposta a diferentes tiempos de incubación y analizar cuál es la dosis es la óptima como acondicionador del suelo.

2. METODOLOGÍA

El suelo agrícola (SA) fue obtenido de una parcela en las inmediaciones de la Universidad Tecnológica del Valle de Toluca (UTVT) con un muestreo sistemático, la parcela es de uso agrícola de temporal donde se cultiva comúnmente haba, trigo, maíz y avena. De acuerdo a la FAO el suelo es *Cambisol vertico* asociado a *Feozem háplico*, con textura fina. Se obtuvieron 20 muestras de suelo de 1 kg con ayuda de una barrena, considerando los primeros 20 cm de profundidad. Posteriormente se elaboró una muestra compuesta, la cual se dejó secar a temperatura ambiente y a la sombra; se homogenizó y se cuarteó para obtener una muestra compuesta. Una cuarta parte se destinó para los análisis preliminares y el resto se utilizó en el experimento.

El muestreo del abono orgánico (AO) fue de tipo preferencial en un establo de la localidad de Ixtlahuaca, en el lugar donde se deposita el estiércol de los animales. Se obtuvieron 20 muestras de 1 Kg con ayuda de una pala, para elaborar una muestra compuesta, la cual se secó al aire y a la sombra; se cuarteó y homogeneizó. Una cuarta parte para los análisis preliminares y el resto se utilizó en el experimento.

La lombriz de tierra (*E. fetida*), roja californiana que se utilizó fueron individuos de color rojo tenue, característico de lombrices jóvenes, con el clitelum bien desarrollado (anillo de mayor tamaño localizado en la segunda sección del cuerpo), lo que indica que sexualmente están desarrolladas; con una longitud de 4 a 6 cm y un peso de 0.5 g por individuo.

A partir de las muestras compuestas de AO y SA se prepararon diferentes mezclas de vermicomposta y se colocaron en recipientes de plástico (40 X 30 X 15 cm). Las dosis fueron 4, 8 y 16 ton ha^{-1} de AO. Para cada tratamiento se homogeneizó y al día siguiente de preparadas las tinas del experimento se le agregaron 10 lombrices a cada tratamiento, elaborados los tratamientos se trasladaron al invernadero y se mantuvieron por un periodo de 60 días procurando que no se secaran. Se tomaron muestras de los tratamientos a los 15, 30 y 60 días después de iniciado el proceso de vermicomposteo.

Las muestras de SA y las diferentes dosis de AO se analizaron en el laboratorio de acuerdo a [9]. Los análisis determinados fueron pH por el método AS-02, conductividad eléctrica (CE) con un conductivímetro, textura por el método de Bouyoucos, materia orgánica (MO) por calcinación y respiración microbiana.

La respiración se determinó por el método de la evolución de CO_2 (bióxido de carbono) vía trampa alcalina [10]. El procedimiento de incubación, se realizó en recipientes de vidrio con cierre hermético y se llevaron a una incubadora a 25° C durante 15 días. El experimento se realizó por triplicado para cada tratamiento. Se prepararon 3 blancos (3 recipientes de cristal con cierre hermético sin suelo). Se realizaron determinaciones de CO_2 desprendido diariamente, en los días no laborales se colocó el NaOH a concentración doble (0.2 N).

Para la captura del CO_2 se sacaron los viales de NaOH del día anterior y se sustituyeron por otros con 10 mL de NaOH de normalidad conocida. Se determinó el CO_2 desprendido mediante la valoración del NaOH con HCl de normalidad igual al NaOH.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a la clasificación de la [9], el pH del SA es neutro (6.6), mientras que el AO es fuertemente alcalino (9.1), la CE del SA es muy baja (0.21 $\mu\text{S/cm}$) mientras que el AO habrá que poner un valor (2600 $\mu\text{S/cm}$). La MO del SA fue 2.95

que se considera de clase muy baja y para el AO fue mayor (20%) y la textura del SA resulto franco arcilloso. Los resultados de respiración se presentan en $\text{mgCO}_2/100 \text{ gSS}$ (gramos de suelo seco).

La respiración basal del sustrato, medida indirectamente como CO_2 en la vermicomposta a 15 días se observa en la Figura 1, se puede aseverar que la mayor actividad microbiológica se presentó en la dosis de 10 ton ha^{-1} de AO con un valor de $616.64 \text{ mgCO}_2/100 \text{ gSS}$ para la incubación correspondiente al día 1 de aplicado el estiércol y al final de la incubación $6440.76 \text{ mgCO}_2/100 \text{ gSS}$. De acuerdo a Jezierska y Frac (2008), la respiración microbiana es solo uno de los métodos para la determinación de la actividad microbiana y depende de la disponibilidad de MO y tamaño de las poblaciones microbianas [11]. Mientras que el valor al final de la incubación es menor y similar para los tratamientos con 4 y 8 ton ha^{-1} de AO con 5909.61 y 5978.26 respectivamente de $\text{mgCO}_2/100 \text{ gSS}$.

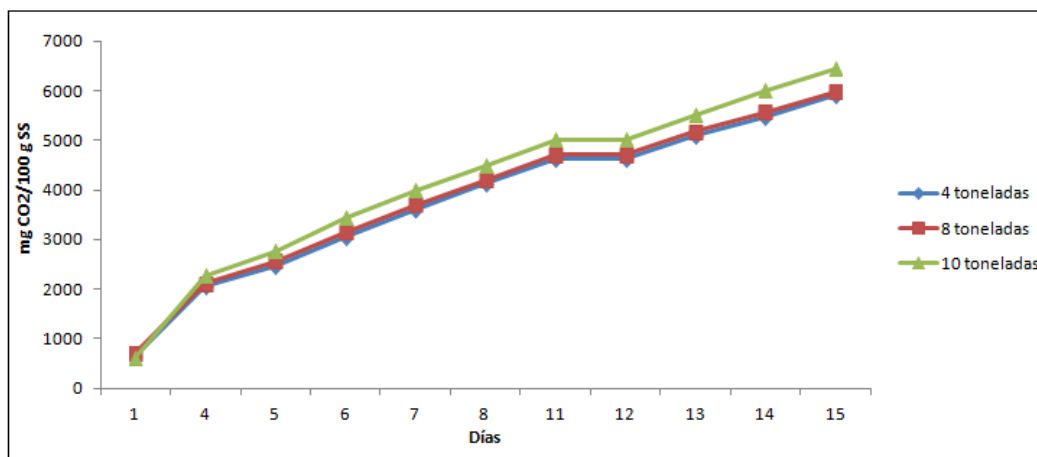


Figura 1. Respiración a 15 días del proceso de vermicomposteo

A 30 días del proceso de vermicomposteo, la evolución de $\text{mgCO}_2/100 \text{ gSS}$ aumento a diferencia de lo obtenido a 15 días (Figura 2), esto puede deberse a que las condiciones de pH y MO para los microorganismos fueron más estables, haciendo más disponible el carbono orgánico de fácil degradación al adicionarle el estiércol. Lo que se aprecia para los tres tratamientos es que incrementan su velocidad de acumulación después del cuarto día de incubación provocando que los organismos desintegradores se multipliquen rápidamente al encontrar, de forma fácil, una forma de energía y nutrientes asimilables. Sin embargo, la sumatoria de los valores de respiración (Σ), que representa la producción total acumulada de CO_2 en el AO durante 15 días, muestra niveles que se incrementan respecto al tiempo de tal forma que al final 10 ton ha^{-1} de AO con un valor de $9856.28 \text{ mgCO}_2/100 \text{ gSS}$, 8 ton ha^{-1} $9042.07532 \text{ mgCO}_2/100 \text{ gSS}$ es mayor que 4 ton ha^{-1} $7013.83 \text{ mgCO}_2/100 \text{ gSS}$.

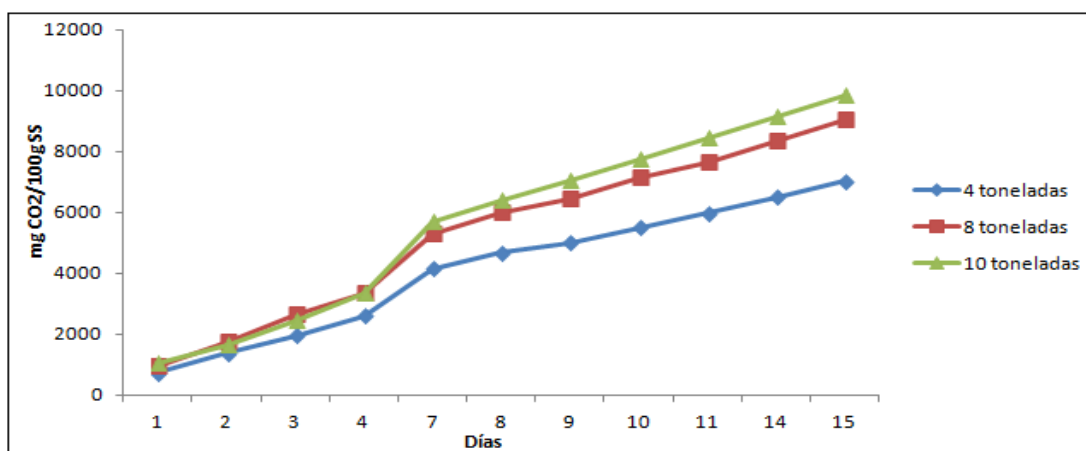


Figura 2. Respiración a 30 días del proceso de vermicomposteo

Finalmente a 60 días del proceso de vermicomposteo (Figura 3), se muestran los valores acumulados de la producción microbiana de CO_2 de la incubación durante un periodo de 15 días bajo condiciones aptas de temperatura y humedad. En ella se observa que al final de la incubación en 8 ton ha^{-1} de AO ($7815.19 \text{ mgCO}_2/100\text{gSS}$) presenta la curva más ascendente de producción acumulada de CO_2 y en 10 ton ha^{-1} de AO ($6785.62 \text{ mgCO}_2/100\text{gSS}$) y finalmente en 4 ton ha^{-1} de AO ($6265.01 \text{ mgCO}_2/100\text{gSS}$). Los tratamientos de 4 y 10 ton ha^{-1} de AO presentan las curvas menos ascendentes. Se observa los tres tratamientos incrementan su velocidad de acumulación después del cuarto día de incubación. Es probable que la mineralización del C en la dosis alta se haya dado a una mayor velocidad durante el desarrollo del cultivo atrayendo a más microorganismos, por lo que al llegar al final del desarrollo del cultivo ya no se encontró mayor contenido de C mineralizado.

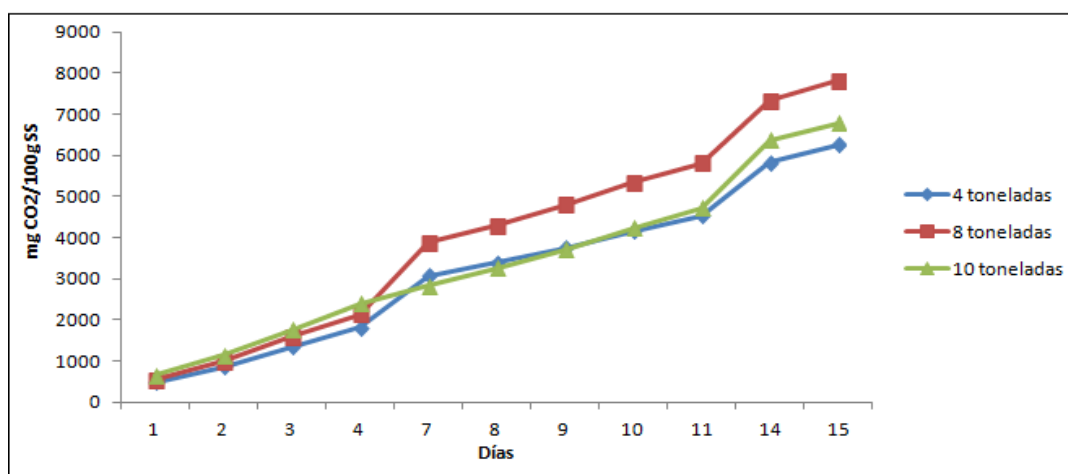


Figura 3. Respiración a 60 días del proceso de vermicomposteo

La lombriz promueve la actividad microbiana incrementando el área superficial para su posterior colonización microbiana, durante este proceso los nutrientes como el nitrógeno, potasio, fósforo y calcio presentes en el estiércol, se convierten en formas más solubles y disponibles para la planta. Las lombrices son voraces consumidores de los residuos orgánicos y utilizan solo una pequeña proporción para la síntesis en su cuerpo, ellas excretan gran parte de este desecho



material en forma digerida; ya que en el intestino de la lombriz existen microorganismos, enzimas, y hormonas, que ayudan a la desintegración. La mitad del sustrato digerido se degrada rápidamente y es transformado en forma de vermicomposta en un corto tiempo. Este proceso se lleva a cabo en un rango de temperatura de 35-40°C [12].

4. CONCLUSIONES

Cuanto mayor es la dosis de aplicación de la vermicomposta elaborada con estiércol, aumenta la actividad microbiológica.

Los valores obtenidos de $\text{mgCO}_2/100 \text{ gSS}$ en los tratamientos con 10 ton ha^{-1} de AO, fueron los que resultaron más altos en 15 y 30 días del proceso de vermicomposteo, mientras que a 60 días el valor más alto fue para 8 ton ha^{-1} .

El agregar el estiércol al suelo modificó el pH y la MO en cada uno de los tratamientos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Orozco, F. H.; Cegarra, J.; Trujillo, L. Roig, A. M. 1996. "Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm *Eisenia foetida*: effects on C and N contents and the availability of nutrient's. *Biology and Fertility of Soils* 22,162-166.
- [2] Ndegwa, P. M.; Thompson, S. A.; Dass, K. C. 2000. "Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosólidos". *Biores. Technol.* 71: 5-12
- [3] Castillo, E. A.; Quarín, H. S.; Iglesias, C. M. 2000. "Caracterización química y física de compost de lombrices elaboradas a partir de residuos orgánicos puros y combinados". *Agricultura Técnica (Chile)* 60: 74-79.
- [4] Santamaría, R. S.; Ferrera, C. R.; Almaraz, S. J. J.; Galvais, S. A.; Barois, B. I. 2001. "Dinámica y relaciones de microorganismos, C-orgánico y N-total durante el composteo y vermicomposteo". *Agrociencia*. 35: 377-384.
- [5] Nieto, G. A.; Murillo; A. B.; Troyo, D. E.; Larrinaga, M. L., J. A.; García, H. J. L. 2002. "El uso de compostas como Vermicomposta como alternativa ecológica para la producción sostenible de Chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas". *Interciencia* 27(8):417-421.
- [6] Alvajana, M. C. R.; Hoppin, J. A.; Kamel, F. 2004. "Health effects of chronic pesticide exposure: cancer and neurotoxicity. Annu". *Rev. Public Health* 25: 155-197.
- [7] IFOAM International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM). 2003. "Normas Básicas de IFOAM para Producción y Procesamiento Orgánico". Victoria, Canadá. 158 pp, Agosto 2002. www.ifoam.org/standard/spanish_norms.pdf.
- [8] Huang G.F., Wong, J., Nagar, B. B., Wu, Q. T. and Li, F. B. (2005). "Bioavailability of heavy metals during humification of organic matter in Pig Manure compost". <http://www.eco-web.com/editorial/050915.html>.
- [9] Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos.
- [10] Brewer, L. J. y Sullivan, D. M. "Maturity and stability evaluation of composted yard trimmings". *Compost Science & Utilization*. 2:96-112.
- [11] Jezierska, T. S. y Frac, M. 2008. "Microbiological indices of soil quality fertilized with dairy sewage sludge". *Int. Agrophysics*. 22: 215-219.

[Indice](#)

IV

Recuperación de Energía a partir de Residuos

"Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica: la voluntad."

Albert Einstein

[Indice](#)



Análisis del Fenómeno de Lavado de Lodos en dos Tipos de Reactor Anaerobio de Flujo Intermitente Tratando Agua de Rastro

¹David Alanís Ramírez, ²José Apolinar Cortés

¹UMSNH, Av. Francisco J. Mujica S/N. Ciudad Universitaria. Edificio V1, cubículo 2,
tel:443-3223500 ext. 1204, david.s.alanis@hotmail.com, apodito@gmail.com

RESUMEN

Por lo general los rastros trabajan solo algunas horas del día generando un flujo intermitente de agua residual. El diseño de los sistemas de tratamiento convencionales se realiza considerando un flujo continuo y no intermitente. En el presente trabajo se llevó a cabo el análisis los reactores anaerobios UASB y ABR operando con flujo intermitente y analizando el fenómeno de lavado de lodos, la experimentación se realizó en dos reactores anaerobios escala laboratorio de 14 L los cuales se alimentaron durante 6 horas y periodos de 18 horas sin alimentación de lunes a viernes con el objetivo de simular las condiciones que presenta un rastro. Los reactores se inocularon con 4.2 L de lodo granular con una concentración de 33 gSSV/L, la temperatura de trabajo fue de 32°C, el pH del influente fue de 7.5 y el TRH de 2 días. La DQO del influente se controló en 5000 y 10000 mg DQO/L para ambos casos.

La producción de biogás fue de 0.4 Lbiogás/gDQOremovida. El fenómeno de lavado de lodos se analizó evaluando la pérdida de sólidos por un periodo de 6 semanas en cada reactor. La disminución de la cantidad de lodos en el reactor UASB fue de 11.5 % y 8% mientras que para el ABR fue de 60% y 75% para las concentraciones de 5000 y 10000 mgDQO/L respectivamente. La condición de lavado de lodos generó disminución en la biomasa dentro del reactor, lo que ocasionó baja eficiencia de tratamiento y producción de biogás.

Palabras Clave: ABR, Agua de rastro, Flujo intermitente, Lavado de lodos, UASB.

1. INTRODUCCIÓN

La digestión anaerobia ofrece un gran potencial en el tratamiento de agua de rastro y la posibilidad de obtención de energía debida al biogás generado [1], uno de los reactores mas utilizados es el reactor anaerobio de flujo ascendente con lodo granular [2] UASB por siglas en ingles “Upflow Anaerobic Sludge Blanket”. Otra tecnologia en el tratamiento anaerobio es el reactor con deflectores o ABR “Anaerobic Baffled Reactor”, por sus características el ABR es similar a varios reactores UASB conectados en serie [3] y ofrece la ventaja de eliminación de corrientes en corto circuito. No obstante la factibilidad de los reactores que usan lodo granular en el tratamiento de aguas residuales [4], las características de los gránulos formados cuando se trabaja con agua de rastro son diferentes a las que se tienen con otros tipos de agua residual [5], lo cual dificulta la operación ya que los sólidos no sedimentan con facilidad y tienden a salir por el efluente ocasionando el fenomeno conocido como *lavado de lodos*. Por lo general los rastros trabajan solo algunas horas del día [6] generando un flujo intermitente de agua residual. El diseño de los sistemas de tratamiento convencionales se realiza considerando un flujo continuo y no intermitente. En este trabajo se llevó a cabo la evaluación de los reactores UASB y ABR operando bajo el esquema de flujo intermitente con el objetivo de simular las condiciones que se presentan en un rastro, los datos obtenidos son importantes ya que la información sobre reactores anaerobios operando con flujo intermitente actualmente es limitada.

2. METODOLOGÍA

2.1 Equipo experimental

Para llevar a cabo este trabajo se utilizaron dos reactores anaerobios a escala laboratorio; uno de ellos con el diseño de los reactores UASB y otro con el diseño de los reactores tipo ABR, ambos reactores con un volumen de trabajo de 14 L y una altura de 90 cm. El reactor UASB fue construido utilizando como recipiente tubo de acrílico translúcido con un diámetro interno de 14.3 cm, puntos de muestreo a diferentes alturas (cada 20 cm) y un separador sólido-líquido de acuerdo al diseño propuesto por [1]. El reactor tipo ABR se construyó con 5 compartimientos utilizando placas de plástico reciclado y de acrílico, a los dos reactores se les instalaron los sistemas de alimentación de agua residual, medición de biogás y control de temperatura. En la figura 1 se presenta el esquema de los reactores.

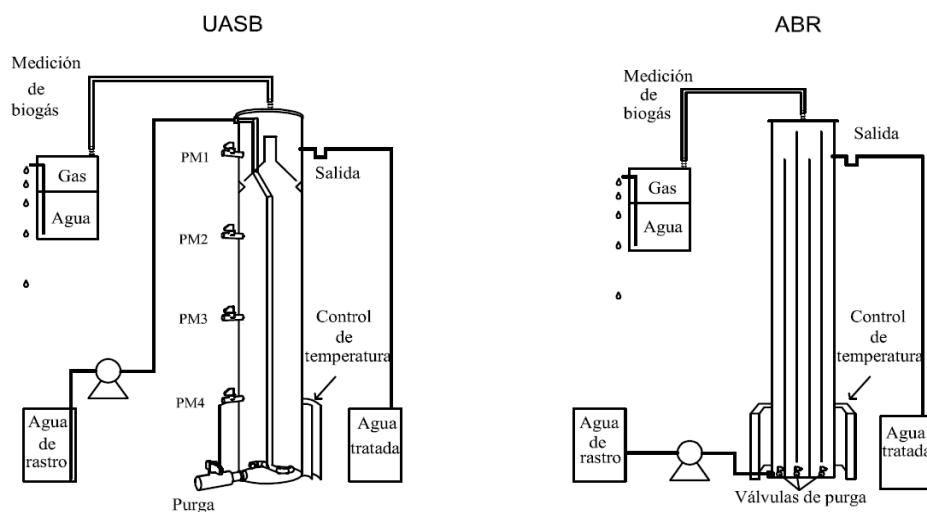


Figura 1. Esquema de los reactores UASB y ABR

2.2. Inóculo y sustrato

Los reactores se inocularon con 4.2 L de lodo granular con una concentración aproximada de 33 gSSV/L (138g de Sólidos Suspendidos Volátiles en cada reactor) procedente de un reactor anaerobio con dos años de operación tratando de agua de rastro. Los reactores no tuvieron ningún problema durante el arranque ya que los microorganismos provenían de un reactor estabilizado lo cual se evidenció al observar la inmediata producción de biogás después de alimentar un volumen de 9.8 L de agua residual para completar los 14 L en cada reactor. Después de una semana de la inoculación de los reactores (semana de arranque) se inició la etapa de operación. El agua residual fue tomada de las instalaciones del rastro de la ciudad de Morelia a la cual se le retiraron los sólidos de tamaño mayor a un milímetro haciéndola pasar por una malla durante la toma de la muestra, el agua fue llevada al laboratorio donde se mantuvo en refrigeración a 4 °C. Las características del agua residual se presentan en la Tabla 1.

Dada la existencia de variaciones diarias y horarias en el contenido de materia orgánica presente en el agua residual, se decidió controlar la DQO (Demanda Química de Oxígeno) del influente por medio de diluciones para obtener una DQO cercana a los 5000 mg/L durante la primera fase del experimento y de 10000 mg/L durante la segunda fase. La temperatura del agua de alimentación se controló en un valor cercano a los 23 °C, mientras que el pH se controló en un valor de 7.5 agregando hidróxido de calcio, el control de este parámetro se logró adicionando en promedio una cantidad de 150 mg/L de $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Tabla 1. Características del agua residual

Parámetro	Unidades	Valor
pH		7.14
Temperatura	(°C)	23.21
Conductividad	(mS/cm)	2.43
DQO	(mg/L)	13050
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	(mg/L)	12.1
Alcalinidad	(mg CaCO ₃)	3780
Nitrógeno total Kjeldahl	(mg/L)	780
Fósforo total	(mg/L)	140

2.3. Condiciones de operación

Se instaló un sistema de control de temperatura en la parte inferior de los reactores cercano a la cama de lodos con lo que se logró mantener una temperatura de trabajo de 32 ± 1 °C. Los reactores se alimentaron durante un periodo continuo de 6 horas por medio de una bomba peristáltica, una vez terminado este periodo, las 18 horas restantes del día no hubo alimentación; la operación se realizó de lunes a viernes con el objetivo de simular las condiciones que presenta un rastro. El volumen de alimentación fue de 7 L de agua diariamente de lunes a viernes, con lo que se tuvieron tiempos de retención hidráulicos (TRH) de 2 días de Lunes a Jueves; y de 6 días para el viernes. El TRH se calculó de acuerdo a la ecuación 1.

$$TRH = V/Q \quad (1)$$

Donde TRH= tiempo de retención hidráulico en d, V= volumen de reactor en L, Q= flujo de agua residual en L/d.

2.4. Muestreo y análisis

La producción de biogás fue medida por desplazamiento de agua colectando la totalidad del gas en el dispositivo que se muestra en la figura 1. El efluente de ambos reactores se colectó diariamente y se le realizaron los análisis de SST y SSV de acuerdo a los métodos estandarizados APHA [7], DQO por método Hach Aprobado por la USEPA [8] (la muestra para DQO se tomó después de una hora de sedimentación para evitar el efecto de los sólidos), el pH, la temperatura y la conductividad eléctrica se midieron utilizando un equipo multiparamétrico Conductronic^R PC18. El fenómeno de lavado de lodos se analizó evaluando la pérdida de sólidos de acuerdo al balance de masa que se presenta en la ecuación 2.

$$SSV_i - \text{salida} + \text{producción} = SSV_f \quad (2)$$

Donde SSV_i = SSV dentro del reactor al inicio de la prueba (g), Salida = SSV que salen del reactor durante la prueba (g), *producción* = producción de lodos durante la prueba (g de SSV) y SSV_f = SSV dentro del reactor al final de la prueba (g).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Lavado de lodos

Durante la operación intermitente de los reactores experimentales se observó un alto contenido de sólidos en el agua del efluente, situación conocida como fenómeno de lavado de lodos. Durante la primera fase, alimentando agua residual con una DQO de 5000 mg/L la cantidad de lodos en el reactor UASB disminuyó 11.5% mientras que en el reactor ABR la

disminución fue del 60%. Durante la segunda fase, alimentando agua residual con una DQO de 10000 mg/L la disminución fue del 8 y 75% para los reactores UASB y ABR respectivamente. Los resultados se presentan en la figura 2.

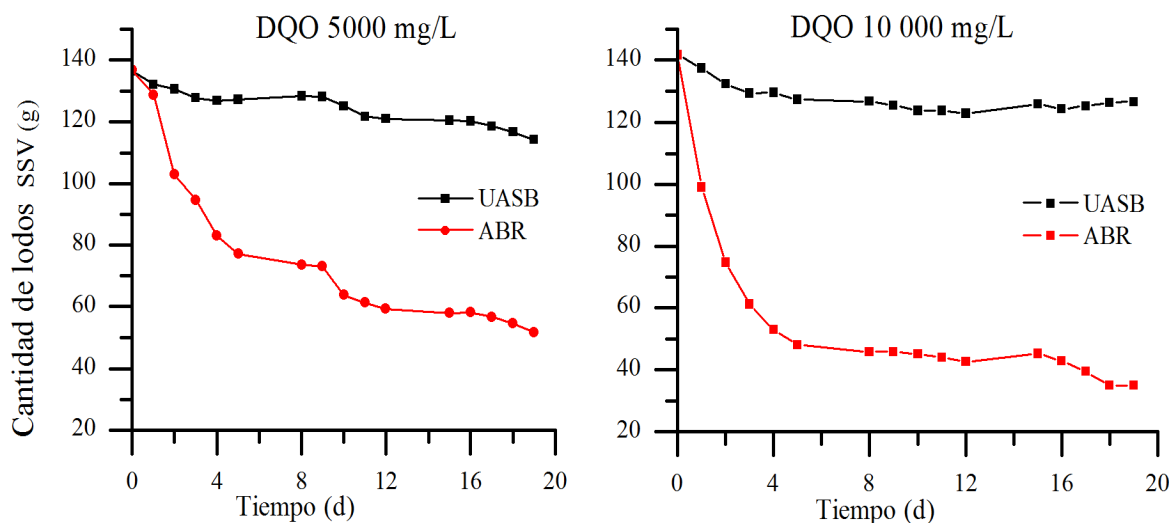


Figura 2. Disminución en la cantidad de lodos dentro de los reactores

La salida de lodos se debió principalmente a la producción de biogás por parte de los microorganismos que generó cambios en las condiciones hidrodinámicas ocasionando turbulencia y suspensión de lodos, debido a esto, las fuerzas de flotación sobre las partículas fueron mayores que la fuerzas gravitacionales y los lodos fueron arrastrados por la corriente de salida haciendo ineficiente el separador sólido-líquido del reactor UASB. En el reactor ABR se aceleró el fenómeno de lavado ya que además de la turbulencia generada por el biogás, la velocidad del flujo fue mayor debido a que la sección de los compartimientos fue más pequeña con respecto a la sección del reactor UASB.

3.2. Remoción de DQO

Como es posible observar en la figura 3, la eficiencia de remoción de DQO del reactor UASB estuvo entre el 81 y el 62% cuando la DQO del influente fue de 5000 mg/L, mientras que para una DQO del influente de 10000 mg/L estuvo entre 81 y 72%. La eficiencia de remoción del reactor ABR fue de entre 75 y 35% para la DQO de 50000 mg/L y de entre 81 y 36% para la DQO de 10000 mg/L.

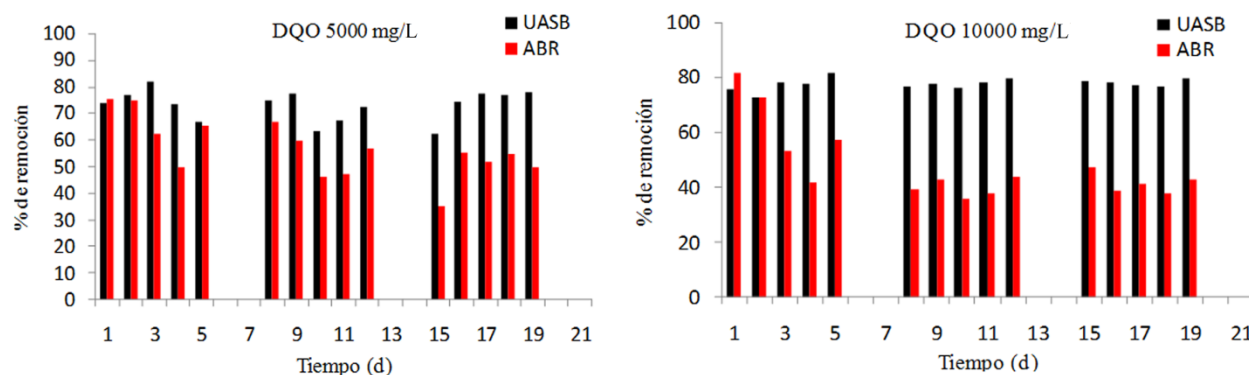


Figura 3. Remoción de la DQO

No obstante que los días viernes hubo un TRH mayor, no se observó una diferencia significativa en la remoción de la DQO, lo que indica que si la concentración del agua se encuentra entre 5000 y 10000 mgDQO/L la degradación puede llevarse a cabo con 2 días de TRH.

3.3. Producción de biogás

Como se muestra en la figura 4, la producción de biogás es influenciada por la concentración de alimentación y por el tipo de reactor en el que se realiza la anaerobiosis. La producción promedio de biogás en el reactor UASB fue de 23.3 L/d, cuando la concentración de alimentación es de 10,000 mg/L de DQO, mientras que para 5000 mg/L fue de 10.2 L/d.

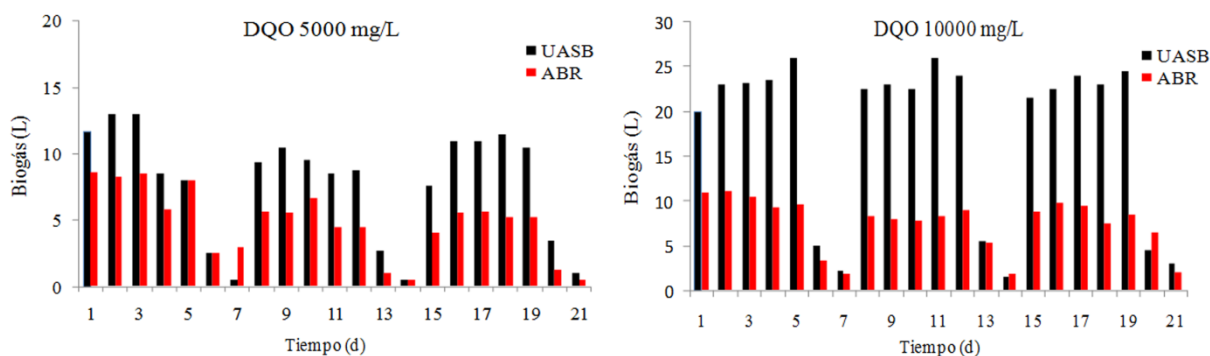


Figura 4. Producción de biogás

La producción promedio de biogás en el reactor ABR fue de 9.1 L/d, cuando la DQO de la alimentación fue de 10,000 mg/L, mientras que para 5000 mg/L fue de 6.1 L/d. El efecto del fenómeno de lavado de lodos en la producción de biogás fue más notorio para el reactor ABR que para el UASB obteniéndose menores producciones de biogás. La producción promedio de biogás se mantuvo en el orden de 0.4 Lbiogás/gDQOremovida, independientemente de la concentración de alimentación, no se observó el efecto del fenómeno de lavado de lodos en esta relación ya que dicho fenómeno no afectó solamente a las poblaciones productoras de biogás sino a todo el conjunto de las poblaciones de microorganismos.

4. CONCLUSIONES

La condición de flujo intermitente bajo las condiciones estudiadas en este trabajo presentó el fenómeno de lavado de lodos para los reactores UASB y ABR.

El fenómeno de lavado de lodos generó una disminución en la biomasa dentro de los reactores, lo que afectó la remoción de la DQO y la producción de biogás de manera más apreciable en el reactor ABR que en el reactor UASB ya que en éste se presentó con mayor velocidad.

El proceso de lavado de lodos es altamente influenciado por la fuerza de flotación que le confiere el biogás a los lodos.

No obstante el fenómeno observado, el tratamiento anaerobio de agua de rastro no deja de ser una excelente opción para recuperar energía en forma de biogás a partir de este residuo ya que es posible obtener alrededor de 400 litros de biogás por cada kilogramo de DQO removida.

Es necesario continuar investigando nuevos mecanismos de separación sólido-líquido para evitar el fenómeno de lavado si se requiere usar los reactores UASB o ABR operando con flujo intermitente.



AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT y la CIC de la UMSNH, por el apoyo a esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Gatze, Lettinga y Hulshoff, Pol. 1991. "UASB Process design for various types of wastewaters". *Water Science Technology*. Vol. 24 pp. 87-107.
- [2] Rodriguez Gómez R. 2013. "A model to describe the performance of the UASB reactor". *Biodegradation*. DOI 10.1007/s10532-013-9656-z.
- [3] Tchobanoglous, George. "*Wastewater engineering: Treatment and resource recovery, fifth edition*". , 2013. McGraw-Hill. New York : ISBN 978-0-07-340118-8.
- [4] Abbasi, T. 2011. "Formation and impact of granules in fostering clean energy production and wastewater treatment". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 16 pp. 1696– 1708
- [5] Batstone, D. J y Keller, J. 2001 "Variation of bulk properties of anaerobic granules with wastewater type" *Water Res.* Vol. 35, No. 7, pp. 1723–1729
- [6] D.I. Massé & L. Masse. 2000 "Treatment of slaughterhouse wastewater in anaerobic sequencing batch reactors" *Canadian agricultural engineering*. Vol. 42, No. 3
- [7] American Public Health Association. 1999. "*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 2540*"
- [8] Hach. Manual de análisis de agua Segunda edición en español Método 8000 (Método de digestión de reactor).

[Indice](#)



Obtención de Aromáticos de Valor Biotecnológico a partir de Residuos Agrícolas

¹Eduardo Baltierra Trejo, ²Juan Manuel Sánchez-Yáñez, ¹Liliana Márquez-Benavides

¹Residuos Sólidos y Medio Ambiente del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Av. San Juanito Itzicuaró s/n, Col. San Juanito Itzicuaró C.P. 58341, Morelia Michoacán-México.

Tel. +52(443) 334 04 75 ext 116. Email: lmarquez@umich.mx

²Microbiología Ambiental del Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, UMSNH.

RESUMEN

La incineración de los residuos agrícolas es una práctica común que contamina el ambiente por la emisión de gases de efecto invernadero. Uno de los residuos más abundante y recalcitrante es la paja de trigo debido a que está constituida por lignina. La lignina residual de paja de trigo tiene valor potencial biotecnológico si se despolimeriza, pero los métodos químicos son costosos y contaminantes. Una opción ambientalmente segura son los basidiomicetos, alternativa limitada por su compleja demanda nutricional y lento crecimiento. En contraste los ascomicetos han sido poco investigados, aunque despolimerizan la lignina residual de paja de trigo en condición nutricional simple, en un tiempo relativamente menor que los basidiomicetos. El objetivo de esta investigación fue realizar la despolimerización de la lignina residual de paja de trigo con ascomicetos para la obtención de aromáticos de interés biotecnológico en condición nutrimental simple y tiempo corto. Los aromáticos derivados de la despolimerización de la lignina residual de paja de trigo se identificaron por cromatografía de gases. Los resultados señalan que *Penicillium chrysogenum* AT4 despolimerizó la lignina residual de paja de trigo en hasta 34.8% en 28 días de incubación. En general los ascomicetos generaron guayacol, vainillina, ácidos hidroxibenzoico, vainillínico, siríngico, y ferúlico con producción máxima por semana de 4.0, 3.3, 3.2, 3.3, 10.1 y 21.9 mg/ml respectivamente.

Palabras Clave: Ascomicetos, Enzimas, Lignina, Fenólico, Paja.

1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se producen 4,500 millones de toneladas de residuos de los principales cultivos agrícolas [1], de los cuáles se estima que un 15% se reincorpora al suelo o sirve como alimento ganadero, mientras que el restante 85% se eliminan por incineración “in situ”, lo que causa un impacto ambiental negativo por la emisión de gases CO₂, NO₂, SO₂ y O₃ [2], [3]. La paja de trigo (*Triticum aestivum* L.) es el segundo residuo agrícola más generado con 877 millones de toneladas, pero uno de los menos aprovechados, debido a que está constituida por un 17% de lignina, cuyos anillos aromáticos la hacen recalcitrante [4]; mientras que su bajo contenido proteico <3.4% limita su uso como forraje, por otro lado su elevada proporción C/N de 150:1 dificulta las posibilidades de reincorporación en el suelo.

La lignina residual de paja de trigo (LIREPATO) es aprovechable si se despolimeriza, pero no por métodos químicos por ser costosos y contaminantes, una alternativa podrían ser los ascomicetos que tienen la capacidad de despolimerizar la LIREPATO en una condición nutricional simple en tiempo relativamente corto [5], [6], [7], [8]. La despolimerización de la LIREPATO podría generar monómeros aromáticos de valor potencial biotecnológico, como la vainillina (4-hidroxi-3-metoxibenzaldehído) que es el saborizante más producido a nivel mundial (12 x 10⁶ kg/año) y a su vez es precursor de herbicidas y fármacos; el guayacol (o-metoxifenol) usado como expectorante y descongestionante; el ácido ferúlico(3-(4-hidroxi-3-metoxifenil)-2-propenoico) que es un antiinflamatorio, antioxidante y bloqueador solar; el ácido hidroxibenzoico (salicílico) usado en la producción de aspirinas, conservadores, dentífricos y repelentes de insectos; ácido gálico (2,4,5-trihidroxibenzoico) precursor de antibióticos como trimetropin y en la síntesis de colorantes, películas fotográficas y papel; el benzalaldehído en aromatizantes [9], [10], [11]; los cuáles se obtienen de manera sintética. Con



base a lo anterior el objetivo de esta investigación fue analizar la capacidad de despolimerización de la LIREPATO por ascomicetos en la síntesis de aromáticos de valor potencial biotecnológico.

2. METODOLOGÍA

2.1. Cultivo de ascomicetos

Se utilizaron las cepas de ascomicetos *Penicillium chrysogenum* AT3 y AT4; y los *Aspergillus fumigatus* AT11 y *A. tubigensis* AT12. Para extraer la lignina e hidrolizar la celulosa y hemicelulosa se molió y tamizó en malla de 0.0841 mm, se trató con ácido acético ($\text{CH}_3\text{-COOH}$) al 10% (v/v)/30 min en relación 1:2 (p/v), luego se neutralizó con NaOH al 10% (p/v), después se sometió a tratamiento térmico a 120° C/60 min, luego se lavó con agua destilada y secó a 70° C/24 h.

Los ascomicetos se activaron en medio LIREPATO sólido cuya composición (g/L) es : LIREPATO 10; peptona de caseína 5; extracto de levadura 1.3; K_2HPO_4 0.17; KH_2PO_4 2.61; MgSO_4 1.5; NaCl 0.9; CuSO_4 0.05; con azul de bromotimol 10 ppm; 2.5 mL de detergente al 10% (Roma^{MR}) (p/v), y 1 mL/L oligoelementos (g/L): H_3BO_3 2.86; $\text{ZnSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.22; $\text{MnCl}_2\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 1.81; KMnO_4 0.09; el pH se ajustó a 5.5 agar 18 g/L se esterilizó a 121°C/20min y se incubaron a 30° C/5 días [12].

Se inoculó cada cepa de ascomiceto en medio LIREPATO líquido. Para ello se separó el micelio del medio LIREPATO sólido, primero se adicionó 15 mL de solución salina-detergente estéril (12 mL NaCl 0.85% y 3 mL detergente 0.01%), el micelio se removió con asa bacteriológica y colecto con pipeta. Se tomaron 12.5 mL de micelio del ascomiceto y se inoculó un matraz Erlenmeyer de 500 mL con 250 mL de medio líquido LIREPATO, se ajustó el pH a 5.5 y se esterilizó a 121°C durante 20 min, los matraces inoculados se incubaron en agitador rotatorio por 28 días/ 30°C/150 rpm. Para determinar la generación e identificación de los aromáticos por la despolimerización de LIREPATO se tomó una muestra de 10 mL a los 7, 14, 21, 28 días [5]. A los 28 días de incubación mediante filtración y vacío se separó el remanente o fase sólida del medio líquido LIREPATO cultivado con ascomicetos, se lavó con agua destilada y se secó a 70°C por 24h; se calculó el porcentaje de despolimerización por pérdida de peso.

2.2. Detección, cuantificación e identificación de aromáticos

De los 10 mL se usaron 5 mL que se centrifugaron a 8000 rpm/15 min, el sobrenadante se ajustó a pH 2 con HCl concentrado, se agregó NaCl a saturación y 5 mL de acetato de etilo para la extracción de los aromáticos. Se inyectó 1 µl en el cromatógrafo de gases (Varian CP-3800), equipado con una columna capilar de fennilmetilpolisiloxano de 30 m x 0.53 mm, el gas acarreador N_2 se mantuvo con un flujo de 35 mL/min; la temperatura del horno, inyector y detector FID fueron de 90, 270 y 300 °C, respectivamente. Se usó como patrón una mezcla estándar de los ácidos hidroxibenzoico, vanilínico, ferúlico y siríngico, así como de vainillina y guayacol en concentración de 1 mg/mL también disueltos en acetato de etilo [13], [14].

En el diseño experimental se consideraron 5 tratamientos (4 hongos + 1 control), con un diseño completamente aleatorio, con tres replicas por tratamiento. Los datos experimentales se validaron por Tukey con un nivel de significancia del 5% mediante el programa JMP 8.0 (SAS[®]), todas las pruebas se realizaron por triplicado.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ascomiceto con mayor capacidad de despolimerización de la LIREPATO fue *P. chrysogenum* AT4 con un rendimiento de 34.8%, similar a *A. fumigatus* AT11 con un 29.1% y superior a *P. chrysogenum* AT3 y *A. tubigensis* AT12 tras 28 días de cultivo en concentración de 10 g/L.

P. chrysogenum AT3 generó hasta 21.9 mg/mL de ácido ferúlico en la semana 3 y fue el aromático que se produjo en mayor cantidad. *A. tubigensis* AT12 produjo hasta 10.1 mg/mL de ácido siríngico en la semana 2, *A. fumigatus* AT11

generó 3.3 mg/mL de ácido vainillínico en la semana 3, *P. chrysogenum* AT3 generó hasta 3.3 mg/mL de vainillina en la semana 4 pero no se detectó producción en la primer semana, *P. chrysogenum* AT4 fue el único que produjo ácido hidroxibenzoico con 3.2 mg/mL de en la semana 2 mientras que *P. chrysogenum* AT3 hasta 3.5 mg/mL de guayacol en la semana 3 (Figura 1).

La producción total acumulada de aromáticos durante las 4 semanas de crecimiento fue mayor para *P. chrysogenum* AT3, seguido por *P. chrysogenum* AT4 que fue la única cepa que generó los seis tipos de aromáticos (Figura 2).

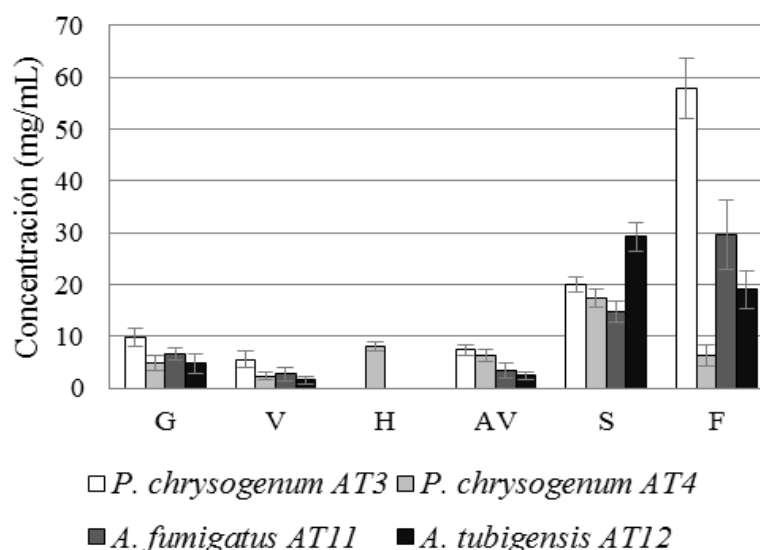
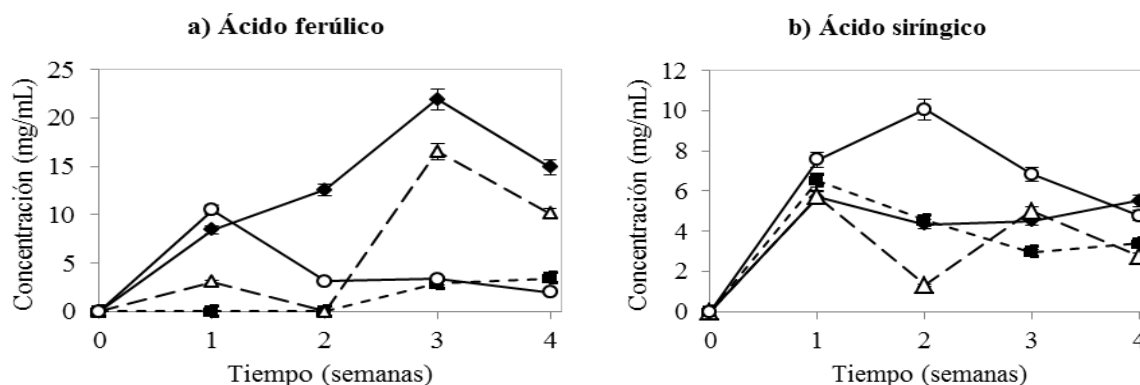


Figura 2. Producción de acumulada de aromáticos por ascomicetos. G-Guayacol, V-Vainillina, H-ácido p-hidroxibenzoico, AV-ácido vainillínico, S-ácido síringico, F-ácido ferúlico.



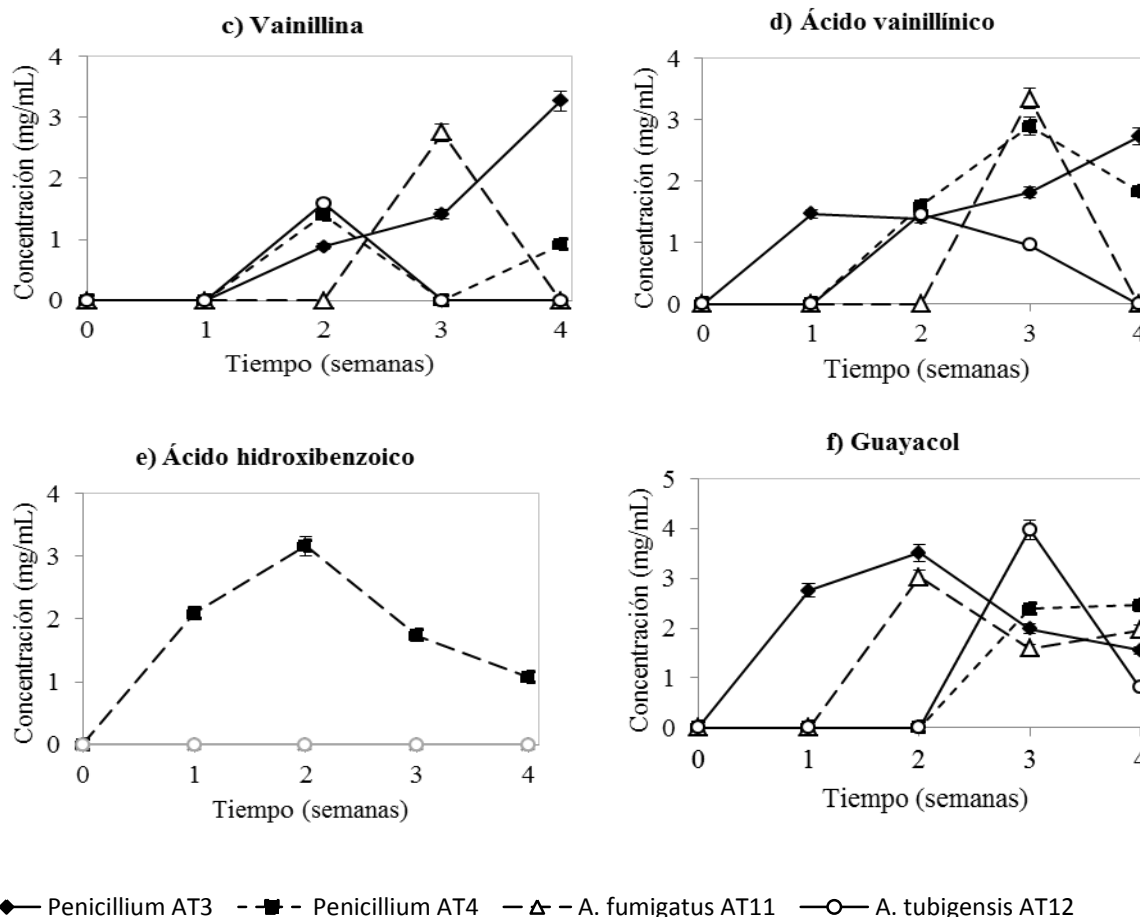


Figura 2. Cinética de la despolimerización de lignina residual de paja de trigo en aromáticos por ascomicetos.

En esta investigación no se encontraron reportes en la literatura sobre ascomicetos o basidiomicetos que sinteticen aromáticos de interés biotecnológico a partir de LIREPATO, pero si a partir de otros residuos agrícolas. Al respecto *P. chrysogenum* AT3 y AT4 generaron en un tiempo relativamente corto (21 días) una elevada cantidad de ácido ferúlico, vainillina y ácido vainillínico (21.9, 3.5 y 3.3 mg/mL), superior a lo reportado en *Lentinus crinitus* que degrado lignina de residuos de plátano (*Musa paradisiaca* L.) con producción de: ácido ferúlico, vainillina, ácido vainillínico además de eugenol en concentración de 0.6, 0.04, 0.6 y 254 mg/mL respectivamente pero en 16 días de cultivo a partir de 5 g de sustrato [15]. Mientras que se reportó en *Aspergillus niger* y *Pycnoporus cinnabarinus* produjeron 0.105 y 0.767 mg/mL de vainillina por conversión de ácido ferúlico extraído de rastrojo de maíz en concentración inicial de 7.5 mg/mL+20g/L de maltosa en 8 días de cultivo [16].

Se han identificado rutas para la síntesis de algunos aromáticos, por ejemplo a partir del ácido ferúlico se sintetiza vainillina con el ácido vainillínico como intermediario [11], lo cual se confirmó experimentalmente, ya que los hongos que sintetizan vainillina, también producen ácido vainillínico y ferúlico. Por lo anterior es importante conocer las rutas de síntesis así como el ascomiceto más eficiente en cada paso de una ruta metabólica, un ejemplo de ello es la producción patentada de vainillina a partir de ácido ferúlico en dos etapas, en la primera *A. niger* sintetizó ácido vainillínico y en la segunda *P.cinnabarinus* la transforma en vainillina con rendimiento 0.2 mg/mL en 7 días de cultivo por fase, mientras que en una investigación previa sólo se obtuvo sólo 0.064 mg/mL usando únicamente con *P.cinnabarinus* en ambos experimentos a partir de 0.3 mg/mL de sustrato [11]. Sin embargo cada hongo puede generar distintos aromáticos a partir de un mismo sustrato, por ejemplo a partir de ácido ferúlico *Trametes versicolor* generó alcohol veratrílico y



veratrilaldehído, mientras que *Paecilomyces variotii* lo transformo en ácido vainillico, vainillina, alcohol vainillinico y 4 vinil-guayacol [17], [18].

4. CONCLUSIONES

Con base a estos resultados se puede afirmar que los ascomicetos tienen potencial para la producción de aromáticos los cuáles pueden tener aplicaciones biotecnológicas como en la industria farmacéutica o alimenticia. Por lo anterior es necesaria la identificación de los monómeros aromáticos generados por cada ascomiceto y de las rutas metabólicas implicadas.

AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto 150001 SENER-CONACYT, al CONACYT por la BECA 239180, al proyecto 2.7 (2014) de la Coordinación de la Investigación Científica de la UMSNH.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Talebnia F, Karakashev D, Angelidaki I. 2010. "Production of bioethanol from wheat straw: An overview on pretreatment, hydrolysis and fermentation". *Bioresource Technol*; Vol. 13 pp. 4744-4753.
- [2] Li L, Wang Y, Zhang Q, Li J, Yang X, Jin J. 2008. "Wheat straw burning and its associated impacts on Beijing air quality". *Sci China Ser D*; Vol. 51(3) pp. 403-414.
- [3] Quintero M, Moncada A. 2008. "Contaminación y control de las quemas agrícolas en Imperial, California, y Mexicali, Baja California". *Región y sociedad*. Vol. 20(43) pp. 3-24.
- [4] Xu F, Sun J, Sun R, Fowler P, Baird MS. 2006. "Comparative study of organosolv lignins from wheat straw". *In Crop Prod*. Vol. 2 pp. 180-193.
- [5] Bonilla FS, Márquez-Benavides L, Sánchez-Yáñez JM. 2013. Aprovechamiento de residuos lignocelulósicos de trigo de una biorefinería: pretratamiento. *V Congreso Interamericano de Residuos Sólidos*; 2013 May 23-24; Lima, Perú. DIRSA-AIDIS 2013.
- [6] Chang AJ, Fan J, Wen X. 2012. "Screening of fungi capable of highly selective degradation of lignin in rice straw". *Int Biodeter Biodegr*. Vol. 72 pp. 26-30.
- [7] Safari AA, Emtiazi G, Hajrasulih S, Shariatmadari H. 2005. "Biodegradation of some agricultural residues by fungi in agitated submerged cultures". *Afri J Biotechnol*. Vol. 10 pp. 1058-1061.
- [8] Zeng GM, Yu HY, Huang HL, Huang DL, Chen YN, Huang GH. 2006. "Laccase activities of a soil fungus *P. chrysogenum simplicissimum* in relation to lignin degradation". *World J Microb Biot*. Vol. 4 pp. 317-324.
- [9] González Y, González O, Nungaray J. 2005. "Potencial del bagazo de Agave tequilero para la producción de biopolímeros y carbohidrasas por bacterias celulolíticas y para la obtención de compuestos fenólicos". *e-Gnosis*. Vol. 3 pp. 1-18.
- [10] Howard RL, Abotsi E, van Rensburg EL, Howard S. 2003. "Lignocellulose biotechnology: issues of bioconversion and enzyme production". *Afri J Biotechnol*. Vol. 12 pp. 602-619.
- [11] Lomascolo A, Stentelaire C, Asther M, Lesage-Meessen L. 1999. "Basidiomycetes as new biotechnological tools to generate natural aromatic flavours for the food industry". *Trends Biotechnol*. Vol. 7 pp. 282-289.
- [12] Sánchez-Yáñez JM. 2007. Breve Tratado De Microbiología Agrícola, Teoría y Práctica. Corporativo de Desarrollo Sustentable, Centro de Investigación y Desarrollo de Michoacán, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Secretaría de Desarrollo Rural en Michoacán. Morelia pp. 80-85.
- [13] Valenciana D, Herrera RS, de Simoes EO, Chongo B, Torres V. 2009. "Composición monomérica de la lignina de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115 y su variación con la edad de rebrote". *Rev Cubana Cienc Agric*. Vol. 3 pp. 315-319.



- [14] Wu FJ, Moreno J, Vela GR. 1987. "Growth of *Azotobacter vinelandii* on soil nutrients". *App Environ Microb.* Vol. 3 pp. 489-494.
- [15] Granda DM, Mejía AI, Jiménez GA. 2005. "Utilización de residuos de plátano para la producción de metabolitos secundarios por fermentación en estado sólido con el hongo *Lentinus Crinitus*". *Vitae.* Vol. 2 pp. 13-20.
- [16] Lesage-Meessen L, Lomascolo A, Bonnin E, Thibault J, Buleon A, Roller M. 2002. "A biotechnological process involving filamentous fungi to produce natural crystalline vanillin from maize bran". *App Biochem Biotech.* Vol 1(102-103) pp. 141-153.
- [17] Nishida A, Fukuzumi T. 1978. "Formation of coniferyl alcohol from ferulic acid by the white rot fungus *Trametes*". *Phytochemistry.* Vol. 3 pp. 417-419.
- [18] Rahouti M, Seigle-Murandi F, Steiman R, Eriksson K. 1989. "Metabolism of ferulic acid by *Paecilomyces variotii* and *Pestalotia palmarum*". *App Environ Microb.* Vol. 9 pp. 2391-2398.

[Indice](#)



Residuos Orgánicos de Mercado Empleados para la Obtención de Biohidrógeno mediante Fermentación Anaerobia

^{1,2}Julio César Gómora Hernández, ²María del Consuelo Hernández Berriel, ¹Suilma Marisela Fernández Valverde.

¹ ININ- Depto. de Química del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Carretera México-Toluca s/n, La Marquesa Ocoyoacac, Estado de México, México. Apdo. Postal 52750. Tel. 5553297200, e-mail: gogadlioju_craser89@hotmail.com

²ITT- Instituto Tecnológico de Toluca, Avenida Tecnológico s/n, Fraccionamiento la Virgen, Metepec, Estado de México, México. C.P. 52149. Tel. 7222087200

RESUMEN

En México los residuos sólidos urbanos (RSU) están formados principalmente por materia orgánica (>50%) proveniente de: jardinería, agricultura, mercadeo y casas-habitación. Los RSU se colocan en rellenos sanitarios, donde se degrada la fracción orgánica generándose biogás, constituido principalmente por metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂), los cuales contribuyen significativamente al calentamiento global. El potencial del CH₄ como gas de efecto invernadero es 72 veces superior al CO₂. Ante esta problemática, se planteó generar biohidrógeno a partir de la degradación de residuos de frutas y verduras provenientes de mercados y casas habitación. Los biorreactores fueron frascos de 500 mL conteniendo como sustrato 30 g (base húmeda) de residuos adicionados con 3 mL de solución de excreta de vaca, los cuales en algunos casos fueron esterilizados. Los gases se caracterizaron por cromatografía de gases y a los sólidos recuperados después de la fermentación se les determinaron los sólidos volátiles totales (SVT). La técnica de espectrofotometría infrarroja (IR) confirmó la presencia mayoritaria de lignina, celulosa y hemicelulosa. El experimento con frutas y verduras no estéril y excreta de vaca estéril generó la mayor cantidad de biogás, con un rendimiento de 1.38 mol H₂/mol hexosa.

Palabras Clave: Biorreactores, Degradación, Fermentación anaerobia, Hidrógeno.

1. INTRODUCCIÓN

La creciente demanda energética y el uso excesivo de combustibles fósiles han provocado que las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera se incrementen, además gases de combustión como los óxidos nitrosos y óxidos de azufre crean afecciones en la salud del hombre y en los ecosistemas [1].

Por otra parte, el volumen de residuos sólidos urbanos (RSU) y residuos orgánicos (RO) generados año tras año se incrementa drásticamente, aunado a la falta de conciencia ambiental provoca que los residuos se dispongan en sitios no controlados. Al mismo tiempo la generación de biogás debida a los RO presenta un problema, ya que no es aprovechado y es liberado a la atmósfera, contribuyendo significativamente con el calentamiento global e incluso, en algunas ocasiones se han suscitado explosiones. La generación de malos olores por la producción de ácido sulfhídrico (H₂S) y la contaminación en algunos casos de las reservas acuíferas debido a los lixiviados que se producen, son afecciones provocadas por la descomposición de RO [2]. Estos problemas pueden ser eliminados utilizando los desechos de los mercados o de las casas habitación para la generación de biohidrógeno, el cual es un combustible renovable y limpio que posee un poder calorífico alto (122 kJ / g), y genera agua y energía como producto de combustión [3]; [4].

Diversos trabajos se han llevado a cabo buscando determinar las condiciones óptimas para la generación de biohidrógeno mediante fermentación anaerobia. Algunos parámetros como temperatura, medio de cultivo, sustrato y consorcio microbiano han sido analizados. [5] determinaron las temperaturas a las cuales los microorganismos presentan los mejores rendimientos para la generación de biohidrógeno, concluyendo una temperatura de 37 ± 1°C y 55 ± 1°C para las bacterias mesofílicas y termofílicas respectivamente. La generación de biohidrógeno a partir de frutas y verduras utilizando bacterias del género *E. cloacae* y *C. butyricum* fue estudiada por Ávila [6], sin embargo un estudio sobre bacterias nativas



no se ha realizado aún, por lo que el objetivo de este estudio fue comparar la generación de biohidrógeno considerando como variable principal la esterilidad del sustrato.

2. METODOLOGÍA

2.1 Preparación de la muestra orgánica y medio de cultivo

Los sustratos utilizados en cada uno de los experimentos fueron residuos de frutas y verduras, los cuales se obtuvieron de recauderías, mercados y hogares, situados en los municipios de Santiago Tianguistenco y Xalatlaco. Estos RO se trasladaron al laboratorio y se prepararon muestras con base a la composición mostrada en la Tabla 1, la cual fue determinada de acuerdo al contenido de 5.4% base seca de almidón [6]. Los RO se trituraron con ayuda de un mortero.

Tabla 1. Composición específica de RO

FRUTA	%W	FRUTA	%W	FRUTA	%W
Lechuga	4.31	Coliflor	4.31	Maíz	8.32
Tomate verde	1.68	Tallos y hojas	21.8	Aguacate	0.24
Mango	0.12	Piña	1.8	Calabaza	1.92
Limón	0.6	Chile	0.12	Chayote	2.63
Cilantro	1.5	Ejotes	0.84	Zanahoria	0.96
Papaya	0.18	Sandía	2.28	Naranja	11.14
Toronja	13.11	Melón	20.12	Cebolla	1.44

%W Porcentaje en peso determinado en base húmeda

Fuente: Ávila, 2010.

Con base a los resultados obtenidos por [6], el medio de cultivo empleado fue hecho a base de sales de fosfato. La composición de dicho medio fue: 1 g / L de sulfato de amonio ((NH₄)₂SO₄), 4.5 g / L de fosfato monobásico de potasio (KH₂PO₄) y 10.5 g / L de fosfato dibásico de potasio (K₂HPO₄).

2.2 Preparación de biorreactores y de los sistemas de medición de biogás

Los biorreactores constaron de frascos viales de 500 mL con un tapón de caucho hermético. Para la medición de biogás producido en los biorreactores se colocó un sistema de dos frascos, el primero de ellos se llenó con una solución saturada de salmuera sódica ajustada a pH 4 con HCl [7] y se conectó a la salida del biorreactor, y el segundo frasco se graduó hasta 145 mL y se interconectó con el primer frasco. La Figura 1 presenta el sistema completo utilizado en los procesos de degradación anaerobia.



Figura 1. Biorreactores con sistema de medición de biogás

2.3 Montaje y operación de biorreactores

Algunas muestras preparadas de RO, el medio de cultivo y los biorreactores se esterilizaron en autoclave a 121 °C y 15 psi durante 20 minutos. Los tres experimentos que se presentan en la Tabla 2 se montaron por duplicado. A cada biorreactor se le adicionó 300 mL de medio, 30 g de RO y 3 mL de excreta en solución acuosa. Los experimentos se llevaron a cabo a $37 \pm 1^\circ\text{C}$ y 80 rpm [8].

Tabla 2. Condiciones de proceso de los biorreactores escala laboratorio

EXPERIMENTO	FRUTAS Y VERDURAS	EXCRETA
Experimento 1	No estéril	Estéril
Experimento 2	Estéril	No estéril
Experimento 3	***	***

*** Tratamiento térmico a 105°C durante 2 horas

2.4 Determinaciones fisicoquímicas y de rendimiento

La Tabla 3 resume las determinaciones realizadas al lixiviado, al biogás y a los sólidos post-fermentación de cada biorreactor. Para la determinación del rendimiento mol H_2 /mol hexosa se utilizó la ecuación 1 [9].



Tabla 3. Técnicas analíticas e instrumentales

PARÁMETRO	APLICABILIDAD	MÉTODO O TÉCNICA
pH	Análisis de lixiviados	NMX-AA-25-1984 [10]
Contenido de humedad	Análisis de los residuos sólidos	NMX-AA-016-1984 [10]
Sólidos Volátiles Totales (SVT)	Análisis de los residuos sólidos	Técnica 2540G del Standard [11]
H_2 , CH_4 , N_2 y CO_2	Caracterización de biogás y cuantificación de biohidrógeno	Análisis cromatográfico de biogás[6]
Determinación de enlaces y polisacáridos	Análisis IR de los residuos sólidos	Técnica del KBr para el análisis IR de muestras sólidas [12]

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Generación de biogás y de biohidrógeno

La Figura 2 muestra la generación de biogás y de biohidrógeno con sus respectivas líneas de error, determinadas con base al promedio y desviación estándar de cada experimento. La Tabla 4 resume los rendimientos de cada uno de los bioprocesos, donde fue mayor el del experimento 1, que comparado con los trabajos de Yokoi [13] (2.6 mol H₂/mol hexosa) y Fritsch [14] (2.78 mol H₂/mol hexosa), quienes trabajaron con bacterias del género *Clostridia*, resultó menor.

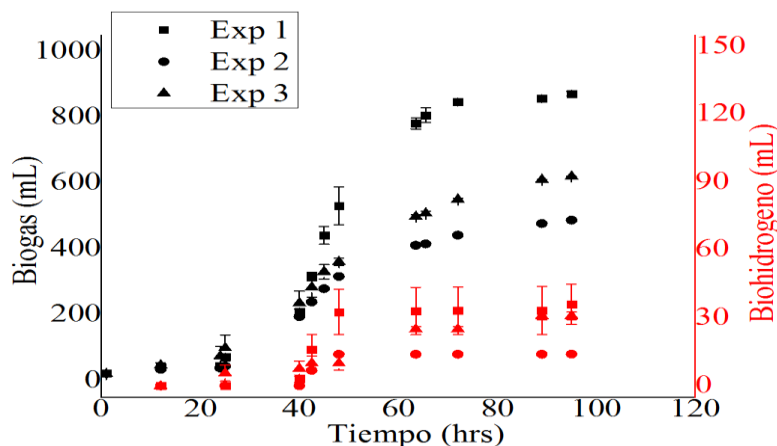


Figura 2. Generación de biogás y de biohidrógeno en cada uno de los biorreactores

Tabla 4. Rendimientos obtenidos en cada sistema para la generación de biohidrógeno

EXPERIMENTO	RENDIMIENTO (%) (mL H ₂ /mL biogás)	RENDIMIENTO (mol H ₂ /mol hexosa)
Experimento 1	4.5 ± 1.00	1.38
Experimento 2	2.9 ± 0.01	0.54
Experimento 3	5.0 ± 0.30	1.20

3.2 Determinaciones fisicoquímicas y analíticas

Los valores de pH promedio al final de los experimentos 1, 2 y 3 fueron respectivamente 5.7, 5.2 y 5.1, y los de SVT fueron 61.3%±1.6, 64.9%±2.0 y 56.1%±1.3. El porcentaje de SVT en el experimento 2 concuerda las menores producciones de biogás y biohidrógeno. Los RO post-fermentación se analizaron por triplicado mediante espectrofotometría IR, a fin de determinar cualitativamente la composición de cada residuo. Para la identificación de cada una de las frecuencias de vibración se tomaron como base los trabajos realizados por Stuart [12], Cross & Jones [15], Nikonenko *et al.* [16] y Ibrahim *et al.* [17]. Los espectros IR resultaron similares entre sí (Figura 3), con la principal variante en la intensidad de los picos; donde el espectro de la muestra del experimento 2 presentó mayor intensidad y más frecuencias de celulosa y hemicelulosa, lo que se corresponde con los mayores valores de SVT.

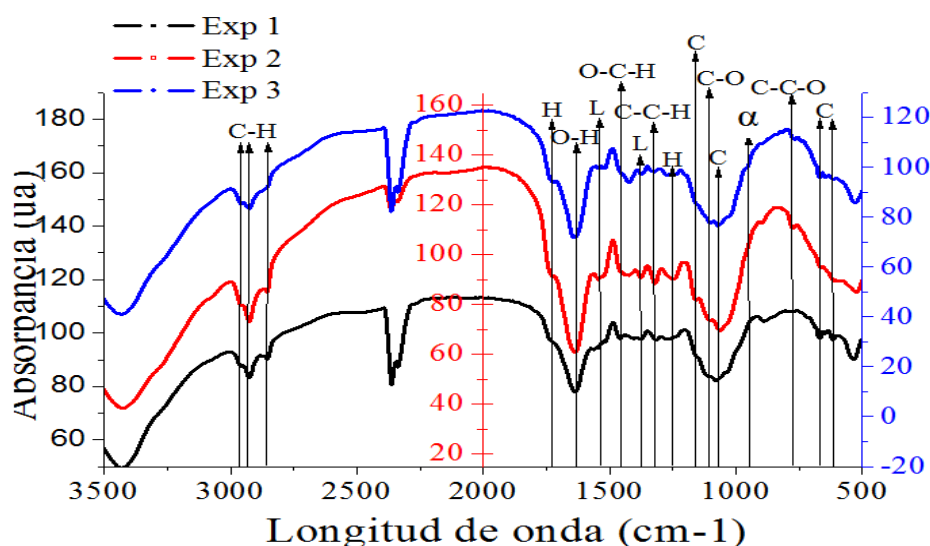


Figura 3. Espectro IR de los residuos post-fermentación

4. CONCLUSIONES

El consorcio microbiano presente en los RO de frutas y verduras presentó la mayor generación de biogás, de biohidrógeno y el mayor rendimiento, mientras que las bacterias nativas de la excreta de vaca generaron los menores rendimientos.

El análisis IR de las muestras orgánicas sobrantes de la fermentación mostró menor cantidad de sacáridos en el experimento que tuvo el mayor rendimiento.

Los consorcios microbianos propios de los RO de frutas y verduras fueron capaces de degradar hexosas a hidrógeno a pH de baja acidez.

AGRADECIMIENTOS

Al Departamento de Química de la Gerencia de Ciencias Básicas del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) por su apoyo en el préstamo de infraestructura para la realización de los análisis instrumentales y al Laboratorio de Biorreactores del Instituto Tecnológico de Toluca (ITT).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Veyna Castañeda Sagrario. 2007. "Efecto de control de pH, temperatura y adición de nitrógeno sobre la digestión anaerobia de residuos hortícolas" *Tesis de Maestría*. Instituto Politécnico Nacional. México.
- [2] Kiss K. G., Encarnación A. G. 2006. "Los productos y los impactos de la descomposición de residuos sólidos urbanos en los sitios de disposición final". *Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental. Gaceta ecológica*. Volumen (79), pp. 39-51.
- [3] Bedoya A., Camilo Castellón J., Ramírez J., Vásquez J., Arias Z. M. 2007. "Biological production of hydrogen: A literature survey" *Dyna*. Volumen (154), pp. 137-157.
- [4] Mata A. J., Cecchi F., Llabrés P., Pavan P. 2002. "Anaerobic digestion of the Barcelona central food market organic wastes" *Bioresource Technology*. Volumen (42), pp. 33-42.
- [5] Vindis P., Mursec B., Janzekovic M., Cus F. 2009. "The impact of mesophilic and thermophilic anaerobic digestion on biogas production" *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*. Volumen (36), pp. 192-198.



- [6] Ávila Vera E. 2010. "Obtención de un energético limpio, hidrógeno, a partir de desechos orgánicos de frutas y verduras" *Tesis Doctoral*. Instituto Tecnológico de Toluca. México.
- [7] Zhenhao D., Mao S. 2006. "A thermodynamic model for calculating methane solubility, density and phase composition of methane, bearing aqueous fluids from 273 to 523 K and from 1 to 2000 bar". *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Volumen (70), pp. 3369-3386.
- [8] Canul Chan M., C. 2010. "Estudio de los parámetros de operación de un reactor anaerobio para la producción de hidrógeno a partir de residuos orgánicos" *Tesis de Maestría*. Instituto Politécnico Nacional. México.
- [9] Reith J. H., R. H. Wijffels. H. Barten. Biomethane & Biohydrogen: Status and perspectives of biological methane and hydrogen production. 1° Edición. 2003. Editorial Dutch Biological Hydrogen Foundation. pp. 103-107.
- [10] SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2008. Normas mexicanas vigentes. <http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/Pages/normasmexicanasvigentes.aspx> (Consultada en Octubre 2012).
- [11] APHA. 2005. Standard Methods for Water and Wastewater Examination, 21 st ed. American Public Health Association-American Water Works Association, Water Environment Federation Publication, Washington, DC. USA.
- [12] Stuart Barbara. Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Application. Analytical Techniques in the Sciences. 1° Edición. 2004. Editorial Wiley. pp. 1-5; 158-161.
- [13] Yokoi H. T., T. Hirose J., Hayashi S., Takasaki Y. 1998. "H₂ production from starch by a mixed culture of *Clostridium butyricum* and *Enterobacter aerogenes*" *Biotechnology Letters*. Volumen (20), pp. 143-147.
- [14] Fritsch M. Hartmeier., W. Chang J. S. "Enhancing hydrogen production of *Clostridium butyricum* using a column reactor with square-structured ceramic fittings" *International Journal of Hydrogen Energy*. Volumen (33), pp. 6549-6557.
- [15] Cross A. D., Jones R. A. An introduction to practical Infra-red spectroscopy. 3° Edición. 1969. Editorial Butterworth & Co. pp. 2-5.
- [16] Nikonenko N. A., Buslov D. K., Sushko N. I., Zhibankov R. G. 2000. "Investigation of stretching vibrations of glycosidic linkage in disaccharides and polysaccharides with use of IR spectra deconvolution" *Biopolymers*. Volumen (57), pp. 257-262.
- [17] Ibrahim Medhat, Moussa Alaam, Hanan El-Hases, Abraham F. Jalbout, Aned de Leon. 2006. "Analysis of the structure and vibrational spectra of glucose and fructose" *Eclética Química*. Volumen (31), pp. 15-21.

[Indice](#)



Comparación del Potencial Metanogénico de dos Residuos Orgánicos

^{1,2}Gloria González, ²Victor Hugo Buendía, ²Elena Rustrián, ²Luis Carlos Reyes, ²Eric Houbbron

¹Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana.

²Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana. Prol. Oriente 6 N°1009, Col. Rafael Alvarado. Orizaba, Veracruz, México. Tel. 01-22-88-42-17-00 ext 33303. giglzlz2@hotmail.com.

RESUMEN

En este trabajo se efectuaron pruebas de metanización y biodegradabilidad anaerobia de dos tipos de residuos: la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (RSU) y cáscara de *Jatropha curca*. El interés en estudiar estos residuos es porque pueden ser una fuente potencial para la producción de metano. Los sustratos mencionados se sometieron inicialmente a un proceso para extraer el lixiviado rico en materia orgánica; los RSU en un sistema de codigestión anaerobia con lodos; la cáscara de *Jatropha* a una hidrólisis ácida en un reactor de 4 L. Luego se llevaron a cabo pruebas por duplicado de metanización del lixiviado, así como del hidrolizado obtenidos, en botellas Schott de 300 ml, usando glucosa como patrón de referencia y dos blancos, con una relación $So/Xo = 0.25$; como inóculo se emplearon lodos provenientes de una Planta Piloto escala semindustrial donde se trata lactosuero. Al inicio y al final de los ensayos se determinaron la Demanda Química de Oxígeno soluble (DQOs), los Sólidos Suspendidos Totales (SST) y los volátiles (SSV), además del pH. Para medir el biogás generado en la prueba se utilizó un sistema volumétrico por desplazamiento de líquido. Con base en los resultados obtenidos del consumo de la DQO y el volumen de metano generado, se calculó el porcentaje de biodegradabilidad de ambos sustratos: 78% para los residuos sólidos orgánicos (RSO) y 93% para el hidrolizado de la cáscara de *Jatropha*; el porcentaje de metanización fue de 93% para ambos.

Palabras Clave: *Biodegradabilidad, Hidrolizado, Lixiviado, Lodos anaerobios, Sustrato.*

1. INTRODUCCIÓN

Es una realidad que la necesidad del empleo de energías alternativas como lo son los biocombustibles es cada día mayor. Sin embargo, el estudio de las fuentes potenciales de biocombustibles se ha orientado a cultivos destinados a la alimentación humana. Esto ha ocasionado controversia debido a que destinar parte de la producción de estos cultivos hacia la generación de biocombustibles produciría un desabasto de las necesidades alimentarias de la población. Por lo tanto, en este trabajo se realizaron estudios en materiales considerados residuos, tal como la cáscara de *Jatropha curcas*, empleada para obtener aceite y la fracción orgánica de los RSU.

Se sabe que diversos materiales llamados lignocelulósicos son fuente de azúcares, mediante su transformación por distintos procesos biológicos como lo son la fermentación para la obtención de etanol o la metanización por vía anaerobia. El principal problema radica en la obtención de los azúcares, ya que la composición de estos materiales requiere de un tratamiento previo, dentro de estos tratamientos destacan la hidrólisis, la cual puede ser ácida, básica o microbiológica.

La lignocelulosa es el principal componente de la pared celular de las plantas, esta biomasa producida por la fotosíntesis es la fuente de carbono renovable más prometedora para solucionar los problemas actuales de energía. El principal impedimento tecnológico para la utilización de la biomasa vegetal es, en general, la ausencia de una tecnología de bajo costo dirigida a la recalcitrancia de la lignocelulosa. Se han desarrollado diversos métodos que mejoran la hidrólisis de la lignocelulosa, como los pretratamientos fisicoquímicos y biológicos. La finalidad del pretratamiento es remover la lignina, hidrolizar la hemicelulosa a azúcares fermentables, y reducir la cristalinidad de la celulosa para liberar la glucosa [1].

El objetivo de este trabajo fue obtener los lixiviados de dos tipos de residuos: RSO seleccionados de una muestra de RSU, que se codigirieron con lodos en exceso de una planta de tratamiento de aguas residuales, mediante una hidrólisis anaerobia. El otro lixiviado que intervino en la investigación fue el que se obtuvo mediante hidrólisis ácida a partir de un residuo lignocelulósico: cáscara de *Jatropha Curcas*. Ambos lixiviados se sometieron a pruebas de metanización y biodegradabilidad anaerobia.

2. METODOLOGÍA

2.1 Fracción orgánica de residuos sólidos

Las actividades se dividieron en dos etapas, la primera se enfocó en obtener el lixiviado de los RSO provenientes de los RSU. Se manejaron residuos alimenticios, de jardín, así como cartón y papel, que en conjunto representan más del 60% de los residuos sólidos orgánicos que constituyen los RSU mexicanos [2]. Se mezclaron con una cantidad igual de lodos colectados en una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Urbana. Para lo anterior se diseñó un biorreactor experimental a nivel piloto, construido en PVC cédula 80, que trabajó en condiciones anaerobias, a temperatura mesófila para efectuar la digestión de los residuos sólidos y lodos anaerobios por lotes. El sistema tiene válvulas para regular la entrada del agua de la llave por la parte inferior (simulando el lixiviado tratado), así como la salida del lixiviado producto de la hidrólisis-solubilización de los lodos y los RSO, que se efectuaba dentro del biorreactor. En los experimentos realizados los lodos constituyeron el inóculo del biorreactor anaerobio.

Se hicieron ensayos para conocer la biodegradabilidad anaerobia del lixiviado generado por el proceso de hidrólisis-solubilización en el biorreactor. Las pruebas se llevaron a cabo en botellas Schott de 300 ml, empleando un volumen útil de 200 ml, más 15 de muestra para los análisis iniciales, con una relación sustrato-inóculo (S_0/X_0) de 0.25, siguiendo la metodología de Moreno y colaboradores [3]. El inóculo fue lodo proveniente de una Planta Piloto escala semindustrial tipo reactor anaerobio de flujo ascendente (UASB), donde se lleva a cabo el tratamiento de lactosuero (Figura 1). Los ensayos se efectuaron por duplicado, como patrón de referencia se empleó glucosa; se incluyeron además dos blancos que contenían inóculo solamente. Se mantuvieron a 35°C a lo largo de todo el experimento, con agitación de 150 rpm, dentro de una incubadora Shaking Incubator, modelo SI-300R, de agitación orbital.



Figura 1. Lodos usados en las pruebas de biodegradabilidad del lixiviado.

Al inicio y al final se determinaron la DQO soluble, los SST y los volátiles, además del pH. Es muy importante mantener este último alrededor de 7 para el buen desarrollo de los consorcios microbianos. Se analizó la DQO inicial del lixiviado, con el fin de adicionar el volumen correspondiente a la concentración establecida para el sustrato. Todos los análisis se realizaron de acuerdo a los métodos estándar [4]. Para medir el biogás generado en las pruebas se utilizó un sistema volumétrico por desplazamiento de líquido, el cual se adaptó a las botellas Schott que se emplearon para los ensayos. Con base en los resultados obtenidos para el consumo de la DQO y el volumen de metano, se calculó el porcentaje de

biodegradabilidad del lixiviado producido en el reactor de residuos sólidos, así como la remoción.

2.2 Cáscara de *Jatropha curcas*

Se caracterizó inicialmente el material vegetal mediante pruebas lignocelulósicas, determinando la composición y el porcentaje de cada uno de los componentes de la fibra que contienen. Para hidrolizar los materiales se emplearon dos equipos: un reactor de 40 L y una autoclave vertical de 20 L. Posteriormente se desarrolló un prototipo para escalar el volumen de trabajo a 4 L; en todos los hidrolizados se procedió a determinar tanto los azúcares reductores (NOM-086-SSA1-1994), como la demanda química de oxígeno; todos los análisis se realizaron de acuerdo a los métodos estándar [4]. En este trabajo se reportan las pruebas de metanización realizadas en el hidrolizado del prototipo.

La etapa final consistió en efectuar pruebas de metanización con el hidrolizado de *Jatropha curcas* L., usando glucosa como patrón de referencia, con una relación $So/X_o = 0.25$, empleando para este estudio lodos provenientes de una Planta Piloto escala semindustrial tipo UASB, donde se trata lactosuero. Para la medición del biogás generado en la prueba se utilizó un sistema volumétrico por desplazamiento de líquido adaptado a botellas de vidrio Schott de 300 ml de volumen efectivo usados para los ensayos, siguiendo la metodología de Moreno y colaboradores [3]. Estas botellas se colocaron dentro de una incubadora Shaking Incubator, modelo SI-300R, de agitación orbital a 150 r.p.m., a una temperatura constante de 35°C, el volumen útil fue de 250 ml, más 15 ml de muestra inicial para los análisis (Figura 2). Los ensayos se hicieron por duplicado, incluyendo dos blancos que solo contenían lodos.



Figura 2. Arreglo del sistema de medición de biogás en las pruebas de metanización.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Fracción orgánica de residuos sólidos

Se midió la biodegradabilidad anaerobia del efluente o lixiviado obtenido del reactor de residuos sólidos, la cual fue de 71%. En la Figura 3 se muestran los perfiles de generación de metano para las 4 muestras de lixiviado, así como la de glucosa, que fue el patrón de referencia. Cabe mencionar que este valor es similar al reportado por Gómez [5], en pruebas de biodegradabilidad realizadas sobre lixiviado del relleno doña Juana en Colombia, que fue de 78.7%. Por su parte, el

porcentaje de metanización fue de 93%, con una remoción de 77% en promedio, medida como DQO soluble. Lo anterior indica que es factible someter el lixiviado, producto de la codigestión de RSO y lodos a una segunda etapa, en un reactor metanogénico.

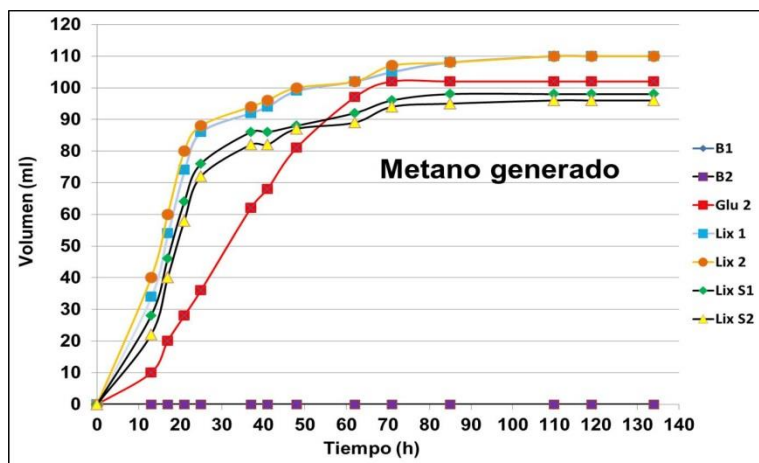


Figura 3. Perfil de las pruebas de biodegradabilidad del lixiviado de RSO

3.2 Cáscara de *Jatropha curcas*

Se pudo observar una correspondencia entre el volumen de metano teórico y el obtenido, logrando una metanización de casi la totalidad de materia orgánica, alcanzando el 93.5% en promedio, lo que comprueba la alta capacidad de transformación de los azúcares en metano por vía enzimática, obtenidos durante la hidrólisis ácida a la que fue sometida la cáscara de la *Jatropha*. Los resultados obtenidos fueron ampliamente satisfactorios, logrando una biodegradabilidad del 93%; la remoción ascendió a 88%, medida como DQO soluble.

Como se puede ver en los resultados obtenidos para los dos tipos de residuos, el porcentaje de metanización obtenido es igual. No obstante, dada la complejidad de los materiales que integran la fracción orgánica de los RSU, su lixiviado presenta una menor biodegradabilidad que el de la cáscara de *Jatropha*, al igual que la remoción. Un lixiviado que proviene de los RSU tiene una composición que se debe tratar por diferentes medios, un sistema biológico no es suficiente para abatir la carga contaminante. Lo anterior queda reflejado en los ensayos efectuados en este trabajo.

Se puede decir que aunque la cantidad de materia orgánica contenida en ambos residuos se transforma en biogás en igual porcentaje, la DQO removida es mucho menor para el lixiviado de los RSO, es decir, el remanente es mayor porque una parte importante no la pueden transformar los microorganismos que intervienen en el proceso anaerobio.

4. CONCLUSIONES

El potencial metanogénico de los hidrolizados de los dos residuos experimentados en este trabajo fue superior al 93%. Lo anterior demostró la viabilidad de someterlos a un proceso anaerobio, dada la excelente transformación de la materia orgánica en metano por vía enzimática.

Los residuos lignocelulósicos pueden ser una fuente potencial de azúcares fermentables para la producción de metano.

Jatropha Curcas contiene: 57.13% celulosa, 19.87% de lignina y 22.99% de hemicelulosa, por lo que se puede decir que es un sustrato rico en material que puede transformarse en azúcares.

Se comprobó que es factible someter el lixiviado producto de la hidrólisis-solubilización, generado en un proceso de codigestión, a tratamiento en un reactor anaerobio de alto rendimiento.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Cuervo, L., Folch, J.F., Quiroz, R.E. (2009). “Lignocelulosa Como fuente de Azúcares para la producción de etanol”. *Bio Tecnología*. Vol. 13(3). pp. 11-25.
- [2] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2013). SNIARN. Base de datos estadísticos, Módulo de consulta temática, Dimensión ambiental. Junio 1, 2014. www.semarnat.gob.mx.
- [3] Moreno G., Cruz A., Buitrón G. (1999). “Influence of So/Xo ratio on anaerobic activity test”. *Water Science and Technology*. Vol. 40(8). pp. 9-15.
- [4] *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (1998). American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation. 20 ed. Washington DC, USA.
- [5] Gómez Torres L. M. (2006). “Biodegradabilidad Anaerobia del Lixiviado del Relleno Sanitario Doña Juana”. Tesis Maestría en Ingeniería Ambiental. Universidad Nacional de Colombia.

[Indice](#)



Adaptación de Consorcio Bacteriano para el Tratamiento Anaerobio de Efluentes de la Industria Papelera

¹Rubí Guevara Sánchez, ²José Apolinar Cortes

¹UMSNH, Av. Francisco J. Mujica S/N Ciudad Universitaria.
Edificio v1, cubículo 2, tel. 4433223500 ext 1204, Morelia Michoacán. apodito@gmail.com

RESUMEN

Las aguas residuales provenientes de la industria papelera son particularmente importantes en cuanto a las grandes cantidades generadas y la toxicidad que presentan. En el presente trabajo se realizó la adaptación de un consorcio bacteriano de tipo anaerobio para el tratamiento de vertidos de la industria papelera, utilizando inóculo proveniente de un reactor UASB que trata aguas residuales de un rastro municipal y muestras de agua industrial de una papelería. El proceso de adaptación fue seguida en 4 reactores de 7 L de capacidad, controlando y monitoreando variables como pH de 7.5, temperatura de 35°C y aumento o decremento del consorcio microbiano (SSV). La aclimatación de los microorganismos se llevó a cabo estableciendo cinco etapas, en las cuales la alimentación se realizó combinando agua residual del rastro y agua residual de la papelería en diferentes proporciones para cada etapa, así como la adición de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ como fuente de nitrógeno y proporcionando para la degradación tiempos de retención hidráulico que variaron de 4 a 9 d por periodos de hasta 4 semanas dependiendo de la respuesta de los microorganismos. Los resultados obtenidos indican que se tiene un consorcio microbiano adaptado ya que actualmente solo se trata agua residual de la papelería, con el $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y $\text{Ca}(\text{OH})_2$. La eficiencia de remoción de DQO se encuentra entre 65 y 70% para un tiempo de residencia hidráulico de 4 días y una producción de biogás de 0.075 a 0.125L biogás/gDQO removida.

Palabras Clave: Aclimatación, Biotecnología, Digestión Anaerobia, Remoción de DQO, Biogás.

1. INTRODUCCIÓN

Los efluentes de la industria de celulosa y papel causan diferentes tipos de impacto ambiental, los cuales están asociados a su contenido de sólidos en suspensión (SS); carga orgánica (DBO y DQO), originada por la presencia de compuestos fácilmente biodegradables, tales como carbohidratos y ácidos orgánicos; toxicidad por la presencia de terpenos volátiles y ácidos resínicos y efluentes de blanqueo y color originado por ligninas o taninos polimerizados de difícil degradación [6].

Los procesos anaerobios suelen ser técnicas viables y económicamente más factibles para el tratamiento de efluentes industriales, entre sus ventajas esta la remoción de altas concentraciones de materia orgánica con eficiencias de hasta 80% [4] y [9], bajos consumos de energía y nutrientes, pequeñas cantidades de biomasa y la capacidad de ésta para transformar parte de la polución en metano, el cual puede ser empleado como recurso energético [2].

En otro contexto, varios estudios revisados indican la factibilidad de adaptación de microorganismos a sustratos tóxicos, de alta carga orgánica o de difícil degradación, reportando en sus resultados remociones de DQO de entre 60 a 80% y producción de biogás de hasta 1L CH_4 /g DQO removida [8].



De acuerdo con lo anterior, en el presente trabajo se realiza una adaptación de un consorcio bacteriano de tipo anaerobio proveniente de un reactor UASB que trata efluentes del rastro para el tratamiento de aguas residuales (AR) provenientes de la industria papelera.

2. METODOLOGÍA

2.1 Reactor Anaerobio

El proceso de adaptación del consorcio bacteriano se llevó a cabo en 4 reactores de 7 L de capacidad y un volumen útil de 6 L.

2.2 Inóculo

Se eligió utilizar un inocuo constituido por lodos provenientes de un reactor UASB que trata efluentes de un rastro, ya que este se encuentra estable y en funcionamiento. Estos lodos constituyen un 25% del volumen útil de los reactores, es decir, 1.5 L de lodos en cada reactor.

2.3. Alimentación de los reactores

Para lograr la aclimatación del consorcio microbiano a un nuevo sustrato es necesario hacerlo de forma gradual, por ello la alimentación de los reactores se llevó a cabo con combinaciones de AR del rastro y AR de la papelera en distintos porcentajes hasta lograr que esta fuera únicamente con AR de la papelera, de tal modo que la adaptación se estableció en cinco etapas en las cuales los porcentajes de AR de la papelera que se manejaron fueron de 20, 40, 60, 80 y 100%. Debido a que la carga orgánica del AR de la papelera no se comporta de manera constante, teniendo variaciones dese 1300 hasta 3000 mg/L de DQO, el TRH también se varió para cada etapa, dependiendo de las variables de respuesta y control. Es por ello que el plan de experimentación fue aplicado de la siguiente manera (tabla 1).

Tabla 1. Plan de experimentación para cada etapa

Etapas	DQO influente (mg/L)	% AR Papelera	TRH D	Periodos (semanas)
1	4820	20	9	2
	3000			
2	2075	40	5 y 6	3
	2320			
3	2065	60	5	2
4	1400	80	4	3
5	1307	100	4	4

2.4. Fuente de nitrógeno

Los nutrientes a veces pueden ser el material limitante para la síntesis y el crecimiento celular microbiano, para que estos microorganismos operen de manera eficiente se requiere una relación de nutrientes principales Carbono/Nitrógeno/fosforo (C/N/P), la cual fue establecida en 20/1/0.1 [5]. Debido a que el agua residual de la papelera contiene alrededor de 15 mg/L de nitrógeno total, fue necesario adicionar $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ como fuente de nitrógeno al sistema para mantener la relación de nutrientes.

2.5. Monitoreo del sistema

La digestión anaerobia está influenciada por una serie de factores que determinan su eficiencia [1]. Estos parámetros determinan las variables de control.

La temperatura es determinante para el desarrollo de microorganismos; debe estar en el orden de los 35 °C [5], es por ello que para este trabajo la temperatura se controló en este valor.

El pH, por su parte, es mucho más sensible a cambios cuando se trabaja a temperaturas mesófilas [7], por lo que el óptimo se encuentra entre 7 y 8 [5]. Para este trabajo se buscó controlar este parámetro en 7.5, buscando incrementarlo con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ cuando fue necesario.

Otro parámetro de control importante está dado por la relación alfa (α), ya que este nos indica si hay fallos en el funcionamiento anaerobio; entre más cercana a la unidad se encuentre, el sistema trabajará mejor [3].

Las variables que determinaron la respuesta de los microorganismos a la adaptación fueron la degradación de la DQO, la generación de biogás y el comportamiento de los sólidos suspendidos volátiles (SSV) que establecen la biomasa.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo al comportamiento de remoción de la DQO en los reactores, esta se comportó de manera similar en los 4 reactores teniendo porcentajes de remoción de entre 65 y 70% en todas las etapas de adaptación, como se puede ver en la figura 1.

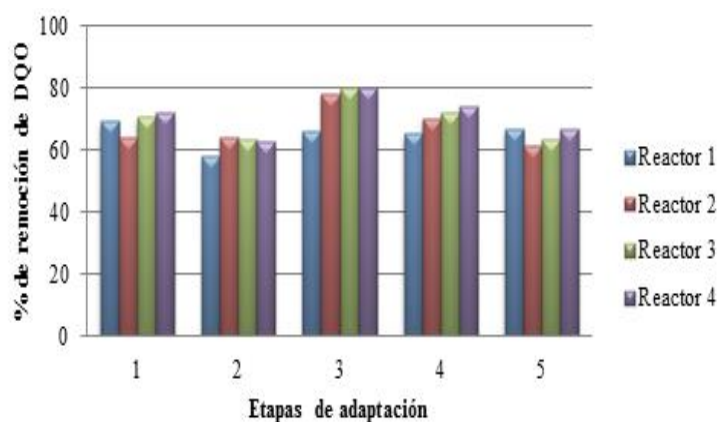


Figura 1. Porcentaje de remoción de DQO

Por otro lado, la producción de biogás fue mayor en la etapa de arranque de la adaptación debido a que es en esta etapa donde se manejan influentes con mayor DQO y la mayor proporción de AR del rastro, por lo que el biogás alcanza volúmenes en los reactores de hasta 1 L/gDQO removida (figura. 2). A partir de la segunda etapa, se presentó una caída de la producción de biogás, lo cual es atribuido al incremento en el porcentaje de AR de papelera, aumentando consigo el sustrato tóxico para los microorganismos, es por ello que coincide con un decremento en los SSV, los cuales representan la biomasa (figura 3). Los resultados de volumen de biogás producido en las etapas 3 y 4 muestran una estabilización en el orden de 100 mL de biogás.

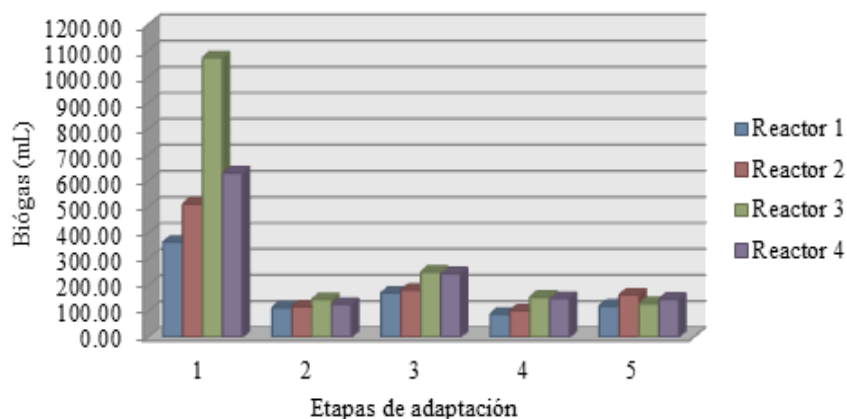


Figura 2. Producción de biogás

Al inicio del proceso de adaptación se cuenta con SSV en los reactores en el rango de 18000 a 24000 mg/L, esta biomasa experimenta un decremento en la etapa 2, reduciéndose hasta en un 50%, observándose repercusiones en la producción del biogás; sin embargo, el porcentaje de degradación de DQO se mantiene en los reactores. Para las etapas subsecuentes estos sólidos se recuperan y estabilizan en el rango de 14,000 a 23,000 mg/L.

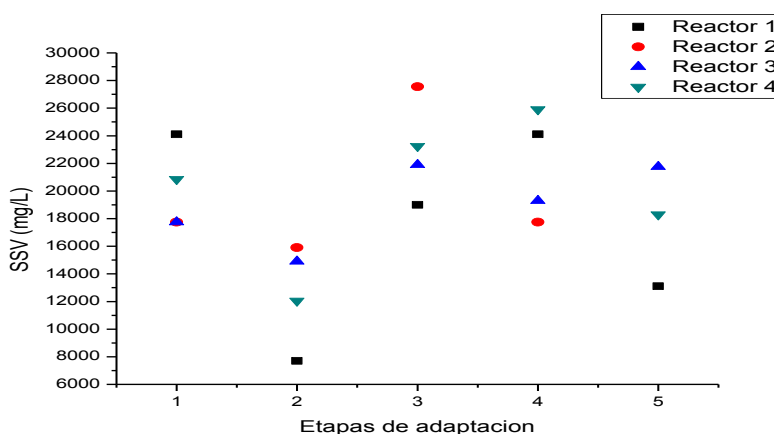


Figura 3. Comportamiento de los SSV

4. CONCLUSIONES

Fue posible la adaptación del consorcio bacteriano anaerobio a un sustrato nuevo y tóxico para los microorganismos, la fuente de nitrógeno proporcionada para mantener la relación C/N necesaria para el metabolismo anaerobio fue un punto clave en el proceso de adaptación, ya que por tratarse de nitrógeno en su forma de nitrato, fue más asimilable por los microorganismos.

Se alcanzó una degradación máxima medida como DQO del 70% y persistió de manera constante para todas las etapas de adaptación. La producción de biogás y el comportamiento de la producción de SSV y la degradación, no presentan una relación evidente, ya que a pesar de que se tiene disminución en la producción de SSV y biogás, se mantiene la capacidad de degradación. Por su parte la disminución en la producción de biogás, puede ser atribuida a la pérdida de la población metanogénica.



Como parte de ésta investigación, se propone realizar un experimento, en el cual se varíe la relación de C/N/P, con el fin de obtener las condiciones óptimas de alimento de los microorganismos, así como el estudio y cuantificación de las poblaciones microbianas presentes en las condiciones actuales del reactor y el estudio de estimulantes para adaptar e incrementar la población metanogénica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Chávez, M., Tajada, R., Mejías, D., Chacín, E., Fernández, N. 2005. *Actividad enzimática del lodo granular en reactor UASB tratando efluente lácteo*. Boletín del centro de investigaciones biológicas. 39 (3), pp. 293-299.
- [2] Del Real, O. J; Prieto, G. F; Santos, L. E. M; Roman, G. A. D; Gordillo, M. A. J. (2010). Análisis de la factibilidad del empleo de un consorcio microbiano en el tratamiento de vertidos. *Ciencia Universitaria*, núm 1, pp. 15-22.
- [3] García, C.C.C. (2012). Evaluación de la capacidad de remoción de materia orgánica de las aguas residuales de los rastros en un reactor UASB. Tesis de Maestría (Ingeniería Ambiental). UMSNH. México. pp. 93
- [4] López A., Barrera, J., Vallejo, R., Barahona, C. 2008. *Estudio comparativo entre un proceso fisicoquímico y uno biológico para tratar agua residual de rastro*. *Interciencia*. (33) 007: pp. 490-495.
- [5] Metcalf y Eddy (2003). *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. Fourth Edition. McGraw-Hill. USA
- [6] Perez, J. M; Guíllarraz, M.A; Rodríguez, F; Olié, M; García, J. (2000). Estudio sobre la Cinética de la Desnitrificación en la Fase Residual de las Cocciones Kraft. Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel. Universidad Autónoma de Madrid, España.
- [7] Ramalho, R., 1993. Tratamiento de Aguas Residuales. 2nd edición. Barcelona: Reverte S.A.
- [8] Ríos-Vázquez, J.L., Guido-Martínez J.A. González-Sandoval, Ma. R., Ojeda-Berra, L., Sánchez-Tovar, S.A., Durán-de-Bazúa, C. (2010). Adaptación de Consorcios Anaerobios a Efluentes de una Industria Minera. XIII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería y VII Simposio Internacional de Producción de Alcoholes y Levaduras. UNAM, Facultad de Química. México.
- [9] Rodríguez, J., Sosa, Gerardo, J., Garza, Y. 2002. *Bioconversión anaerobia como una alternativa para la remoción de DQO contenido en aguas residuales*. *Journal of the Mexican chemical society*. (46) 002: pp.185-188.

[Índice](#)



El efecto del pretratamiento con Luz Ultravioleta a Plásticos Biodegradables en Régimen Mesófilico

¹Ana Josefina Soria Barrera, ¹Liliana Márquez-Benavides, ¹Otoniel Buenrostro Delgado

¹Laboratorio de Residuos Sólidos y Medio Ambiente. Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Av San Juanito Itzicuaró S/N, Col. San Juanito Itzicuaró. C.P.58302. Tel/Fax +52 (443) 3340475 ext 115. Morelia, Michoacán, México. Email: lmarquez@umich.mx.

RESUMEN

En México como en el mundo existe la gran problemática de la contaminación por los residuos sólidos que se generan diariamente. Los residuos generados son de todo tipo pero si bien cabe mencionar que los de mayor generación son los plásticos; ya que tienen la propiedad de ser durables y resistentes a la degradación; es esta misma propiedad la que ha provocado uno de los problemas más graves de contaminación en el ambiente. Existe a la fecha una serie de plásticos comerciales declarados como biodegradables, estos plásticos constituyen en la actualidad un campo de interés importante ya que surgen como una alternativa para cuidar el medio ambiente y sustituir a los plásticos derivados del petróleo. El objetivo de este trabajo fue estudiar la degradación anaerobia de plásticos biodegradables, al someterlos a un pretratamiento acelerado con Luz ultravioleta (LUV). Las pruebas fueron a escala laboratorio, sometiendo a degradación UV cuatro tipos de plásticos: Plástico Compostable, Plástico Oxodegradable, Plástico Convencional y Ácido Poliláctico (PLA). El tratamiento con LUV causó que todos los plásticos fueran susceptibles a mayor generación de CH₄. El tratamiento de LUV promueve la degradación anaerobia de plásticos.

Palabras Clave: *Actividad metanogénica, Biogás, Plásticos biodegradable.*

1. INTRODUCCIÓN

En México se manejan diariamente 20 millones de bolsas de plástico. La SEMARNAT informa que, al año, se generan alrededor de 135 millones de toneladas de residuos, de los cuales 107,513 toneladas corresponden a bolsas de plástico. La ANIPAC (Asociación Nacional de la Industria del Plástico) calcula que se generan 3.8 millones de toneladas de residuos plásticos al año. Una alternativa para reducir estas cifras son los plásticos biodegradables.

La fabricación de plásticos biodegradables a partir de materiales naturales, es uno de los grandes retos. Estos plásticos son de importancia ya que su degradación es menor y tardan menos tiempo en el medio ambiente. Un plástico biodegradable es un polímero en el que la degradación se produce por la acción de microorganismos naturales tales como bacterias, hongos y algas, mientras que los plásticos degradables son materiales que retienen las mismas formulaciones que los plásticos convencionales durante el uso, y que, luego del uso, se degradan en compuestos de bajo peso molecular mediante las acciones combinadas de agentes físico-químicos y microorganismos presentes en la naturaleza. Finalmente, los materiales se descomponen en dióxido de carbono y agua [1].

Cuando los polímeros se exponen a la luz se ven afectados en alguna medida. Los principales efectos sobre los polímeros cuando se exponen a la luz solar, es que puede ocasionar algún tipo de degradación sobre ellos, el cual se puede corroborar al ver que los principales efectos visibles en los polímeros son: un aspecto calcáreo, un cambio de textura y un cambio de color en la superficie del material, así como el hecho de que la superficie del componente se vuelve quebradiza.

Una alternativa para hacer más rápida la degradación de los plásticos es requerir a técnicas especializadas tales como la degradación con rayos UV; en esta prueba se analiza la degradación del plástico por su exposición a condiciones ambientales, en función del tiempo de exposición, intensidad de radiación UV, humedad, temperatura y viento. La componente UV de la luz solar es el principal factor en la degradación de los plásticos en la intemperie, por la capacidad

de los plásticos para absorber la fracción más dañina de la radiación del sol. Las pruebas de intemperismo se pueden efectuar en condiciones naturales o artificiales. En condiciones ambientales naturales los plásticos se exponen a la intemperie. Las pruebas que se realizan en condiciones artificiales requieren una Cámara de Intemperismo (CI) (Figura1). Equipada con lámparas de Xenon o luz UV y controles de humedad y temperatura. Este equipo permite realizar pruebas de degradación acelerada en diversos materiales, como plásticos, maderas, etc. Las cámaras de intemperismo mantienen condiciones semejantes a las que reciben los materiales expuestos a la intemperie, pero permiten disminuir significativamente el tiempo de exposición de las muestras [3].



Figura 1. Aspecto exterior de la Cámara de Intemperismo

2. METODOLOGÍA

2.1 Preparación de materiales

-*Residuos alimenticios pretratados (RAP)*. Se disminuyó el tamaño de partícula (≥ 1 cm) de una mezcla conformada por 7 kg de residuos de frutería, 2 kg de papel bond y 1 kg de papel periódico; una vez hecho lo anterior, la mezcla se composteó de manera aerobia por 30 días.

-*Alimentación para digestores (ADi)*. Se preparó una mezcla de 60% de residuos de material alimenticio procedente de expendios de fruta y 40% de papel periódico y papel bond, se secaron y se pasaron por una criba de 4 mm. La ADi se guardó en bolsas de plástico a temperatura ambiente hasta su utilización.

-*Inoculo metanogénico*. Se montaron 2 digestores anaerobios de sustrato sólido (DASS) usando 350 g de excreta vacuna fresca, 350 g de suelo de jardín de 50 cm de profundidad, y 350 ml de lodos de digestor anaerobio de flujo ascendente (RAFA), procedentes de la planta tratadora de aguas residuales de Quiroga, Mich. Los digestores se incubaron a 35°C y se alimentaron cada cinco días con 20 g de ADi, 39 ml de agua destilada y 1.6 ml de lodos de RAFA.

-*Plásticos de estudio*. Los plásticos utilizados fueron donados por la Universidad Autónoma Metropolitana UAM-Azcapotzalco: Plástico convencional (PCV), plástico oxo-degradable (POX), plástico composteable (PCO) y Ácido Poliláctico (PLA). Los plásticos obtenidos se colocaron en una Cámara de Intemperismo (CI) en la UAM-Azcapotzalco.

La CI diseñada, consiste en un recinto cerrado con forma de prisma rectangular. Cada plástico fue cortado por separado, en tiras de 6x27 cm con una navaja, excepto el PLA este fue cortado en partículas de ≤ 1 cm con tijeras y posteriormente fue colocado en la CI (Figura 2).



Figura 2. Vista interior de la cámara de intemperismo con los plásticos para tratamiento por exposición de luz

2.2. Pruebas de digestión anaerobia

-Estudio de biodegradabilidad. Se montaron botellas de vidrio (250 ml) que contenían residuos pretratados, inóculo metanogénico, plástico y 100 ml de agua destilada para obtener en total 30 g (base seca). Una vez que las botellas contenían el material se taparon con tapones Suba-seal®, se sometieron a flujo de nitrógeno para desplazar el oxígeno del espacio vacío y se incubaron a 35°C por 40 días en Baño María, usando triplicados para caso.

El estudio consistió en identificar las proporciones de los componentes que rindieran el mayor porcentaje de biogás y CH₄. Se hizo la prueba de biodegradabilidad para cada uno de los plásticos PCV, POX, PCO y PLA. Se añadieron controles activos (RAP, inóculo metanogénico y agua) y controles pasivos (plástico y agua). La variable control en todas las pruebas de digestión anaerobia fue el volumen de CH₄ producido.

2.3. Técnicas analíticas

La generación de biogás en las botellas se midió por desplazamiento. El análisis de biogás se hizo mediante cromatografía de gases haciendo uso de un cromatógrafo Varian CP 3800 con detector FID. Se utilizó una columna empacada de acero inoxidable (2 m de longitud y 2 mm DI) empacada con HAYESEP Q 80-100 MESH. Las condiciones de operación del flujo del gas acarreador (N₂) fue de 30 ml/min, la temperatura del horno, inyector y detector fueron de 40, 170 y 250°C, respectivamente.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio de la biodegradabilidad anaerobia de plásticos requiere primeramente de la estandarización de una técnica para probarla. Este trabajo inició con el estudio de la biodegradabilidad de plásticos sin luz UV (Figura 3) muestra los resultados obtenidos, en donde la generación de metano no presentó diferencias significativas por tipo de plástico. Este resultado no se esperaba, porque significa que la inclusión o ausencia de plásticos fue independiente del rendimiento de metano, y que bajo las condiciones de operación descritas tanto el plástico composteable como el oxo degradable se comportaron como el plástico convencional. Ninguno de ellos contribuyó significativamente a la biometanización dado que la generación de metano fue semejante a la de las botellas sin plástico.

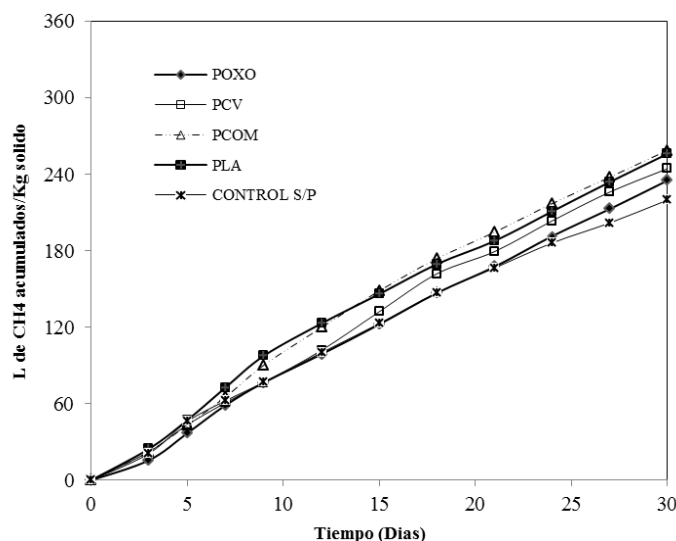


Figura 3. Dinámica de la generación acumulada de CH_4 sin luz UV por diferentes plásticos
Cada punto representa el promedio de 3 réplicas

Por otro lado, al estudiar la biodegradabilidad de plásticos inmediatamente se resalta la necesidad de definir el término *biodegradación*. Muchos plásticos declarados biodegradables solo se desintegran, pero no se degradan. De acuerdo a [4] la biodegradabilidad de un material plástico se define como la capacidad de descomponerse hasta agua, CO_2 , CH_4 , compuestos inorgánicos o biomasa predominantemente por la acción enzimática de microorganismos, este estándar requiere la descomposición aerobia de 60-90% del material en un período de 60-180 días. La degradación difiere de la biodegradación, el estadio de degradación rompe los polímeros del plástico, y son esos monómeros que aprovechan los microorganismos para la biodegradación [3]. La degradación anaerobia de un plástico consiste en la desintegración de material plástico en ausencia de oxígeno a CH_4 y CO_2 . Los resultados significan que existen aún algunos factores que deberán tomarse en cuenta para la prueba, como el tiempo de incubación.

Se procedió a estudiar la biodegradabilidad anaerobia de los distintos plásticos. La figura 4, muestra los resultados obtenidos, en donde la generación de metano presentó diferencias significativas en el plástico composteable que fue el que se disparó en % de CH_4 , lo que significa que al ser sometidos a una prueba acelerada con LUV donde su producción de metano aumento considerablemente.

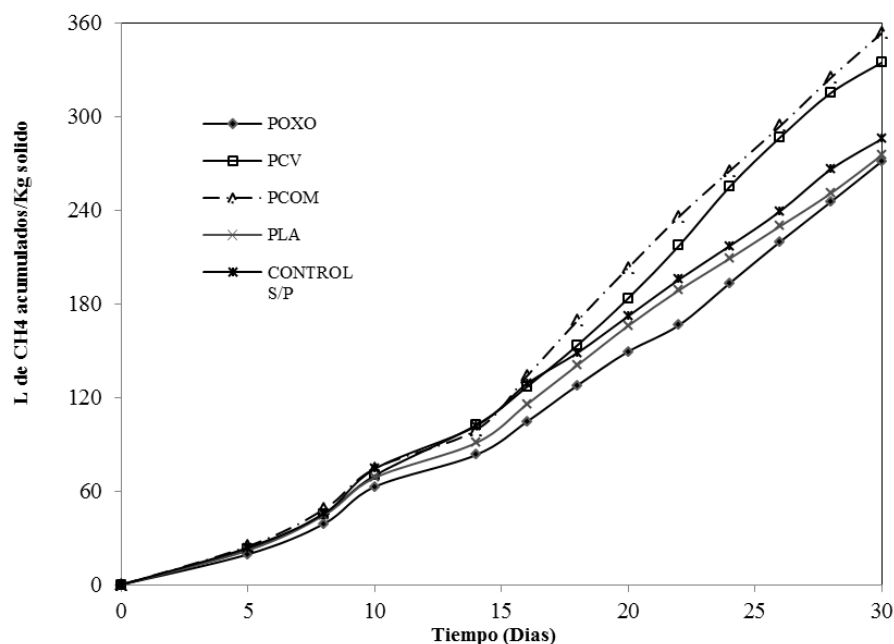


Figura 4. Dinámica de la generación acumulada de CH_4 con luz UV por diferentes plásticos
Cada punto representa el promedio de 3 réplicas

3. CONCLUSIONES

Se sometieron a degradación muestras de POXO, PCV, PCOM y PLA para evaluar si el efecto de LUV tiene contribución sobre estos; en efecto la disminución en la elasticidad y su disminución de color son indicadores de los efectos que hizo el proceso de LUV en ellos por la cámara. Estos resultados nos dan a conocer que el tratamiento con LUV que se aplicó a los plásticos promueve más aceleradamente la degradación anaerobia y una mayor producción de CH_4 .

Se confirmó que la cámara de intemperismo funciona como una herramienta para evaluar la biodegradabilidad de los plásticos, antes de proceder a su disposición. El pretratamiento con LUV es una opción viable para favorecer la degradabilidad de los polímeros que son desechados.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el inmenso apoyo a la Dra. Alethia Vázquez por permitir utilizar la cámara de intemperismo (CI) para el desarrollo de este trabajo. Por otra parte al compañero Mateo Bravo Chuela por el apoyo técnico brindado durante la realización de este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Agamuthu P. & Nadzrul F. P. Biodegradabilidad de los residuos plásticos degradables. Instituto de Ciencias Biológicas de la Universidad de Malaya, Kuala Lumpur, Malasia. 2005. S/p.
- [2]. Bidlingmaier, W., Papadimitriou, E.K. Use of biodegradable polymers and management of their post-consumer waste. Wolfsburg, Federal Republic of Germany : ORBIT Special Events, 2000.



- [3] Cano B., M., G. Aragón G., A León G., M. H. Osada V., M. F. Rabell C. y A. Vázquez, M. 2011. Construcción de una cámara de intemperismo acelerado UV para evaluación de la degradación de plásticos en el ambiente 2011. Hacia la sustentabilidad: Los residuos sólidos como fuente de energía y materia prima. pp 507-513
- [4] D5988, ASTM. Standard test methods for determining aerobic biodegradation in soil of plastic materials or residual plastic materials after composting. 2003.
- [5] Mohee R., Unmar G.D. 2006. Determining biodegradability of plastic materials under controlled and natural composting environments. ScienceDirect. pp 1486–1493.
- [6] Volke S. T. L. (1998). Los plásticos en la actualidad y su efecto en el entorno. Ciencia y desarrollo. pp 54-61.

[Indice](#)



Rellenos Sanitarios-Vertederos

“Compra solamente lo necesario, no lo conveniente. Lo innecesario, aunque cueste un sólo céntimo, es caro”.

Séneca.

[Indice](#)



Situación Actual de la Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos en el Mundo

¹Laura Verónica Díaz Archundia, ¹María del Consuelo Hernández Berriel, ²María del Consuelo Mañón Salas, ³Otoniel Buenrostro Delgado

¹Instituto Tecnológico de Toluca, Av. Instituto Tecnológico s/n. Fraccionamiento La Virgen
52149, Metepec, Edo. De México, México, lauradiazarch@yahoo.com.mx

²Universidad Politécnica del Valle de Toluca, Carretera Almoloya de Juárez, Km. 5.2, 50904, Santiaguillo Tlacilalcali,
Almoloya de Juárez, Edo. de México, México

³Laboratorio de Residuos Sólidos y Medio Ambiente. Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Av. San Juanito Itzicuaró S/N, Col. San Juanito Itzicuaró. C.P.58302.
Morelia, Michoacán, México

RESUMEN

La generación de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) así como su vertido en sitios de disposición final disparadamente van en aumento en algunos países y en otros no. La biodegradación de su fracción orgánica en estos sitios en una problemática que contribuye con el Cambio Climático y debido a ésto son necesarias acciones concretas que ayuden a mitigar dicha problemática, principalmente en países en vías de desarrollo. Este estudio tiene por objetivo presentar un panorama de la situación actual de la disposición final de los RSU, su impacto y sus tendencias en el mundo. Para ello la información fue recopilada y posteriormente se realizó una comparación entre los países desarrollados y en vías de desarrollo. Entre los resultados se tienen que en Europa existen países que disponen menos del 10% de sus RSU, mientras que en Latinoamérica se dispone en promedio más del 85%, de los cuales más del 60% lo hacen en rellenos sanitarios (RESA) y en sitios de tierra controlados y el 25% en tiraderos a cielo abierto. Pese a que se vive en un mundo globalizado, existen diferencias y grandes los retos, por lo que los países en vías de desarrollo deben dar prioridad a la valorización y reciclaje de los RSU y solo como último paso, utilizar el RESA, que si bien es la técnica más empleada en el mundo, se perfila para evolucionar a los biorrellenos aeróbicos y anaeróbicos, en los cuales se estabilizan en menor tiempo los RSU, aminorando el impacto al medio ambiente.

Palabras clave: Biogás, Biorrellenos, Gestión, Manejo Integral, Relleno sanitario.

1. INTRODUCCIÓN

El aumento continuo de la sociedad y las exigencias de cubrir sus necesidades generan una serie de contaminantes que suscitan problemas ambientales. Los RSU siendo uno de los problemas interminables para el medio ambiente y que se generan con cada actividad realizada, requieren un manejo que garantice el menor perjuicio al ambiente. Debido a lo anterior, solo después de ser revalorizados, reutilizados, recuperados o reciclados los RSU, debe considerarse como última opción la disposición, entendiéndose por ésta, el entierro de los residuos en rellenos sanitarios (RESA) o sitios que cumplan con la normatividad y leyes vigentes [1]. Estos sitios deben tener una operación que garantice el resguardo de los contaminantes generados por la degradación de los RSU como los lixiviados, biogás, malos olores, entre otros. En el caso de biogás, garantizar la menor emisión o bien el aprovechamiento energético. Debido a que la generación de RSU y características entre los países son diferentes, es importante contar con datos locales además de los nacionales, lo cual no siempre es posible debido a los costos que estos estudios requieren. Por ejemplo, existen países desarrollados que a pesar de tener una generación per cápita alta, su reciclaje y recuperación supera el 90%, lo que deja para disposición final menos del 10% [2], mientras que países en vías de desarrollo disponen sobre el 90% de su generación, por lo que requieren de programas y estrategias regionales para contar con una mejor gestión y sitios adecuados de disposición final de RSU [3]. El primer paso para poder definir este tipo de estrategias es saber en dónde se está parado, por lo que este

estudio pretende dar un panorama general de la situación actual de la disposición final de los RSU, resaltar la diferencia entre los países desarrollados y en vías de desarrollo y mostrar las tendencias que hay en el mundo con el fin de minimizar los impactos.

2. DESARROLLO

Para este trabajo primero se realizó una recopilación de la información en sitios oficiales, reportes y compendios estadísticos gubernamentales. Conforme a la información recabada, se seleccionaron los países que menos disponen RSU y su contraparte, catalogándolos entre países desarrollados y en vías de desarrollo. Finalmente la información se estructuró para su presentación como se muestra en el siguiente apartado.

3. RESULTADOS

3.1 Gestión de residuos sólidos urbanos

La tasa de generación de los RSU depende principalmente de los patrones de consumo de la población y del Índice de Desarrollo Humano (IGH) [4]. Los RSU generados por las actividades humanas deben ser gestionados de manera tal que el porcentaje que se disponga en los RESA sea el menor posible, para así poder alargar la capacidad y vida útil de los sitios. La mayoría de los países cuentan con un amplio marco regulatorio, sin embargo siguen existiendo lagunas que provocan entre los países porcentajes heterogéneos de reciclaje y disposición final. Estos porcentajes se ven influenciados por el tipo de residuos que se generan, es decir, al ser alto el porcentaje de material recuperable, será mayor la cantidad del material reciclado o composteado. Los RSU que no es posible considerar en ninguna de estas opciones serán finalmente dispuestos siendo sustancialmente menor la cantidad y aumentando por consecuencia la capacidad de los RESA, sin embargo esto no se realiza del todo en los países en vías de desarrollo [3].

Como puede apreciarse en la Figura 1, la composición en México no dista mucho de lo que es la composición mundial, sin embargo las prácticas de manejo son las que hacen que exista tanta disparidad entre los países desarrollados y no desarrollados.

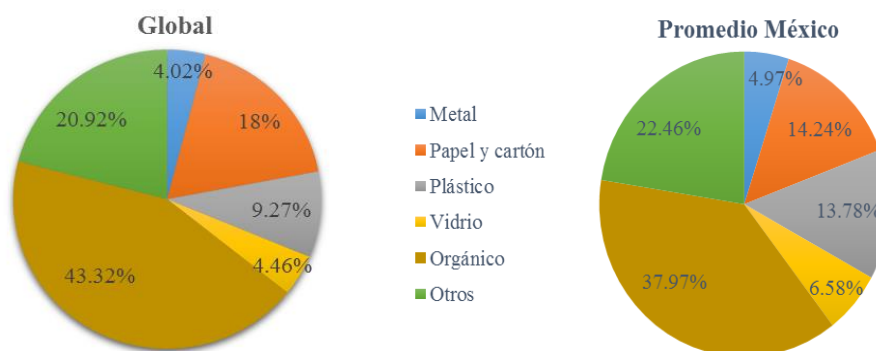


Figura 1. Composición Global y de México de los RSU, [1] y [2].

El reciclaje y recuperación son tratamientos necesarios en el manejo de los RSU, la diferencia con respecto a ello y a la disposición sigue siendo notoria entre países desarrollados y en vías de desarrollo (Figura 2). Estos dos puntos en el ciclo del manejo de los residuos permiten en gran medida que la capacidad y vida útil de los RESA sea mayor, aunado a que la degradación que se da en los RESA se lleve a cabo de forma más rápida, evitando mayor daño al ambiente. Algo muy importante para poder lograr esto, es que la población tome conciencia de la filosofía de las 5 R's, desde la reducción en la generación hasta una recuperación, demostrando con esto el compromiso y cultura en relación con el cuidado del medio ambiente.

Por mencionar ejemplos muy concisos, Colombia y México reciclan menos del 10%, siendo un porcentaje bajo a comparación de Suecia, Austria y Alemania, entre otros países de la Unión Europea que recuperan y reciclan arriba del 45%, y sumando los tratamientos de recuperación de energía e incineración, este porcentaje aumenta hasta 90%; por lo que, la disposición final de sus residuos apenas alcanza un 5% y buscan llegar a 0% (Figura 2) [2]. En 2011 en Estados Unidos se generaron 621,000 ton/día y aun siendo el líder de generación, sólo reciclaron poco más del 30% [5], [6]. En lo que respecta a la disposición, Colombia y México son los países de América Latina y el Caribe (ALC) que más disponen en RESA (ambos >80%) seguidos de Chile [3].

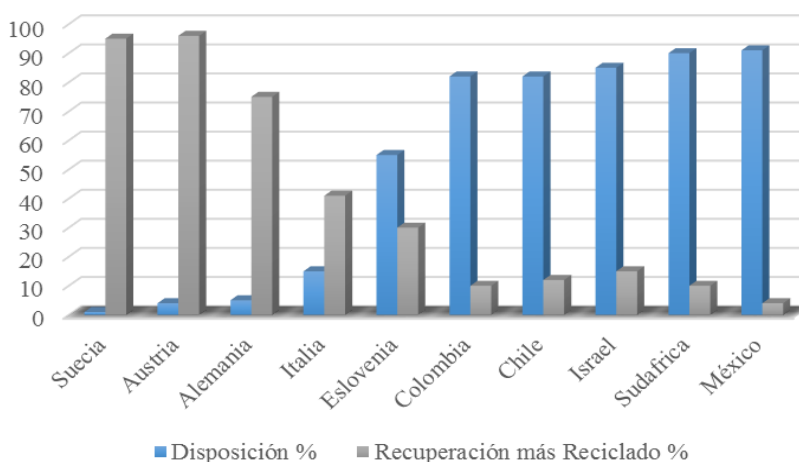


Figura 2. Disposición Final y Recuperación de RSU en algunos países miembros de la OCDE, [2].

La disposición promedio en RESA de los países miembros de la OCDE en 2013 fue menos del 5%, por el contrario, considerando en conjunto la recuperación, la incineración y el reciclado se superó el 90% y el resto se desconoce [2].

3.2 Rellenos Sanitarios

3.2.1 Situación en el mundo

Como se ha mencionado, la opción más factible en la actualidad para la disposición de los RSU son los RESA y esta práctica es la mayormente utilizada en países en vías de desarrollo. De acuerdo a la OCDE y al Atlas de Residuos (Waste Atlas), de la generación mundial de RSU se recolecta el 70%, del cual el 70% es dispuesto en RESA y TCA, el 19% es reciclado o recuperado y el 11% va dirigido a instalaciones para recuperar energía. Dentro de los países desarrollados en donde se tiene una generación per cápita mayor a 500 kg/año, se recicla y recupera arriba del 90%, lo que deja para disposición final menos del 10%, por mencionar un país, Suecia dispone menos del 1.0% de sus residuos, arriba del 98% de sus RSU son reciclados o incinerados con recuperación de energía [2], [6]. En el caso de países en vías de desarrollo como los de ALC, la [3] menciona que en 2010 se tuvo una disposición en RESA adecuados del 54% de los RSU generados, mientras que en el 2002 sólo fue el 22.6%, sin embargo no hubo grandes avances en cuanto a minimización en la generación e incremento en reciclaje y reutilización.

Es difícil decir el número de RESA que existen en el mundo debido a la carencia de información confiable, sin embargo, se puede mencionar que cada municipio, población o ciudad tiene al menos un sitio de disposición, ya sea un RESA o un Tiradero a Cielo Abierto (TCA) [1].



3.2.2 Situación en México

En México la disposición sigue siendo la opción más utilizada, triplicándose en los últimos 10 años los RESA. En 2012 se generaron 37.5 millones de toneladas de RSU y por ese año se contaba con 1883 SDF de los cuales, 1645 eran Sitios de Tierra Controlada y TCA; donde Bordo Poniente en Nezahualcóyotl, México es uno de los 15 RESA más grandes del mundo [1].

Entre los problemas con que se enfrenta cada gobierno para lograr una correcta disposición de los RSU se encuentran la falta de financiamiento y la infraestructura, principalmente en los pequeños municipios, donde en el mejor de los casos, depositan sus RSU en los RESA de las ciudades más cercanas, con lo que tienen que asumir los gastos de transporte y cuotas por disponer en sitios ajenos, o bien terminan tirando sus RSU en TCA, provocando con ésto contaminación en aire, agua y suelo. México tuvo un crecimiento cercano al 15% del 2000 al 2012 en la disposición en RESA y una reducción de 15.4% en la disposición en TAC, sin embargo, a pesar de crecer en este ámbito, lo que se debe buscar es disponer la menor cantidad de RSU [7].

3.3 Encarecimiento de la disposición final en la última década

La gestión de los RSU implica costos desde la recolección hasta los concernientes a los procedimientos de ingeniería de un RESA. La complejidad de las tecnologías empleadas en cada tipo de RESA, el diseño, la operación, la mano de obra, el mantenimiento, la clausura y la supervisión post-clausura, así como el alza de precios en los combustibles, son algunos de los rubros en los que están implicados costos, que muchas veces los municipios o ciudades pequeñas no pueden asumir. Muchos de estos costos se han incrementado en los últimos años por la misma inflación que viven países como México [8], [9].

A pesar que la disposición adecuada ha aumentado casi al 80% en los últimos años en los países en vías de desarrollo, los costos unitarios no han disminuido, al contrario han aumentado en los últimos ocho años (2002-2010) de 9 \$US a 20.43 \$US por tonelada de RSU dispuesta. En ALC el país que paga más por la disposición de RSU es Brasil con 31.48\$US/ton y Ecuador es el que paga menos con 5.61\$US/ton. México actualmente paga 11.54\$US/ton, lo que es semejante a Chile 11.4\$US/ton [3].

Debido a lo anterior, la investigación sobre los RESA está activa, pues se busca mejorar la operación, la capacidad, la vida útil y reducir costos, para así lograr un costo-beneficio mayor para todas las comunidades que cuentan con SDF. En México, los últimos sitios construidos contemplan el aprovechamiento del biogás para la generación de energía eléctrica.

3.4 Biorrelenos, alternativa de disposición final

La práctica de disponer los RSU en RESA es la más utilizada hoy en día, sin embargo la incertidumbre de la capacidad, vida útil y costos post-clausura han motivado estudios y nuevos métodos. Estos métodos consisten en acelerar la degradación de la fracción orgánica de los RSU y estabilizar el RESA en menor tiempo. Uno de ellos es aplicando recirculación de lixiviados en el mismo sitio, lo cual ayuda también a que el volumen de los lixiviados disminuya, al igual que la carga contaminante en ellos. Existen tres tipos de biorrelenos: anaeróbico, aeróbico e híbrido [11]. Los dos primeros se han incluso implementado en Estados Unidos, mientras que Japón, China e India se han implementado con éxito los biorrelenos aeróbicos mediante el método Fukuoka [12], [13]. Las tres técnicas presentan mayores ventajas que un RESA tradicional: un costo beneficio mayor, recuperación de capacidad, recuperación y posterior uso del CH_4 capturado y reducción significativa del volumen de lixiviados [14]-[17].



Para los países en vías de desarrollo como México, los biorrellenos todavía se encuentran en estudio a escalas laboratorio y piloto, aunque en la mayoría de los RESA que existen, con base a la NOM-083-SEMARNAR-2003, se aplica la recirculación de lixiviados, con el fin de reducir su volumen y componentes contaminantes [18].

4. CONCLUSIONES

La generación de RSU principalmente en los países en vías de desarrollo va en aumento y gran cantidad de éstos aún se dispone de manera incorrecta. La mala operación y falta de financiamiento en muchos sitios sigue siendo el principal obstáculo para incrementar el aprovechamiento de los RSU. El RESA se perfila para evolucionar a los biorrellenos aeróbicos y anaeróbicos, con lo que se reduciría el impacto al medio ambiente, especialmente en los países en vías de desarrollo, donde la fracción orgánica es alta.

RECOMENDACIONES

Promover en los países en vías de desarrollo y especialmente entre las pequeñas ciudades, un incremento de inversión en infraestructura para crear RESA regionales o aumentar la capacidad de los ya existentes en concordancia a la demanda actual sin dejar de tener una visión a largo plazo. Hacer cumplir las leyes y normas existentes en materia de RSU y promover el manejo adecuado de los mismos, aumentando los índices de reciclaje, pero primordialmente se debe pensar en tener una sociedad incluyente que participe en los diferentes aspectos del ciclo de los RSU y así poder ayudar a crear ciudades más limpias y un ambiente con menos contaminantes. Lograr financiamientos regionales para las ciudades pequeñas buscando crear biorrellenos que ayuden a minimizar el tiempo de vida de un RESA e impactar en menor proporción al medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] SEMARNAT-INECC, 2012. Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos.
- [2] OCDE 2014. Country Reviews, 25-06-2014, <http://www.oecd.org/env/country-reviews/>.
- [3] OPS-AIDIIS-BID, Informe de la Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en ALC, 2010. Organización Panamericana de la Salud, Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental y Banco Interamericano de Desarrollo.
- [4] Albana M. 2012. Chapter 16-Solid Waste Management Option and their Impacts on Climate Change and Human Health, DOI 10.1007/978-94-007-1591-2_16, *Springer Science+Business Media B. V.*
- [5] Waste Management World, GLOBAL MUNICIPAL SOLID WASTE TO DOUBLE BY, 2025, (19-06-2014), <http://www.waste-management-world.com/articles/2012/07/global-municipal-solid-waste-to-double-by-2025.html>
- [6] Waste Atlas 2014. 26-06-2014, <http://www.atlas.d-waste.com>.
- [7] OCDE, 2014. Evaluaciones de desempeño ambiental: México 2013 Highlights.
- [8] OCDE, 2007. Guidance Manual on Environmental Sound Management of Waste.
- [9] OECD 2014. 23-06-2014, Decisión C (2001)107/FINAL.
- [10] ONU-Habitat 2012, Estado de la Ciudades de América Latina y el Caribe 2012, Rumbo a una nueva transición urbana.
- [11] Final Technical report-Full Scale Bioreactor Landfill-U.S. Department of Energy Technology March 31, 2005, <http://www.yolocounty.org/Index.aspx?page=438>.



- [12] ONU, 2011. Avoidance of landfill gas emissions by passive aeration of landfills, 25-04-2014, <https://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/2GD08SZKUBS916SP75HRQT3DZ90H5D>.
- [13] SPREP-JICA, 2005. A Practical Guide to Landfill Management in Pacific Island Countries, 30-04-2014, <http://www.versos.org.es/v2/pub/file.php?reqid=00QH2ZSI>.
- [14] Chadetrik R., Arabinda Sh., 2010. Municipal Solid Waste Stabilization by Leachate Recirculation: A case study of Ambala City, *International Journal of Environmental Sciences*, Vol. 1, No. 4.
- [15] Hirata O., Matsufuji Y., Tachifuji A., 2012. Waste stabilization mechanism by a recirculatory semi-aerobic landfill with the aeration system, *Journal Mater Cycles Waste Management*, Vol.14, pp.47–51.
- [16] Yong-Jun H., Wei-Xiang W., Song-Wei W., Hua S., Ying-Xu Ch., 2008. Municipal solid waste decomposition under oversaturated condition in comparison with leachate recirculation, *Process Biochemistry* Vol. 43, pp.108–112.
- [17] Berge Nicole D., Reinhart Debra R., Batarseh Eyad S., 2009. An assessment of bioreactor landfill costs and benefits, *Waste Management*, Vol. 29, pp. 1558-1567.
- [18] NOM-083-SEMARNAR-2003, DOF Miércoles 20 de Octubre de 2004, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

[Indice](#)

VI

Impacto y Riesgo Ambiental

“El impacto del cambio climático mundial puede presentar un desafío mayor que cualquier otro al que se haya enfrentado la humanidad, con la excepción del de impedir una guerra nuclear”.

Gro Harlem Brundtland.

[Indice](#)



Comparación de la Degradación de Plásticos por Intemperismo y en Cámara UV

Adelaido Baldovino Pantaleón, Margarita Beltrán Villavicencio, Alethia Vázquez Morillas*

Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Azcapotzalco. Av. San Pablo 180 Col. Reynosa Tamaulipas. Delegación Azcapotzalco. Distrito Federal. México. C.P. 02220 Teléfono (+55) 53189000 (ext. 2196). Email: alethia@correo.azc.uam.mx

RESUMEN

La mayoría de los plásticos degradables han sido diseñados para sufrir ese proceso en condiciones de composteo, sin embargo, debido a la falta de articulación en su gestión como residuos, es común que lleguen a diferentes escenarios de fin de vida, tales como los rellenos y la disposición no controlada. Por ello, es necesario conocer su comportamiento bajo distintas condiciones. En este trabajo se presentan los resultados de la evaluación de la degradación de tres materiales plásticos, polietileno de alta densidad convencional (PEAD-Convencional), polietileno de alta densidad con aditivo oxodegradable (PEAD-Oxo) y película comercial compostable ECOVIO®, sometidos a intemperismo físico (en paneles de madera con exposición directa y paneles de aluminio donde las muestras se expusieron dentro de vidrios para evitar pérdidas) y a intemperismo simulado en una cámara UV. Los plásticos se intemperizaron al ambiente durante 142 días, y se degradaron en una cámara de intemperismo acelerado durante 14 días de exposición. Posteriormente se efectuaron pruebas de elongación a la ruptura por medio de una máquina universal de ensayos. En el caso de exposición a la intemperie las muestras de la película comercial biodegradable ECOVIO® se degradaron a partir de los 47 días de exposición y alcanzaron reducciones de elongación a la ruptura de 94.42% a los 96 días, para muestras expuestas con paneles de madera. Para paneles con estructuras de vidrio se obtuvieron los siguientes % de reducción: ECOVIO® 42.76%, PEAD-Convencional 14.84%, PEAD-Oxo 33.34%. Por último, la reducción de elongación producto de la exposición en la cámara de intemperismo acelerado fue: ECOVIO® 97.00%, PEAD-Convencional 20.33% y PEAD-Oxo 99.32%. Si bien se observó degradación en todos los materiales, el estudio comprobó que bajo las condiciones ensayadas la degradación es sólo parcial, y no necesariamente elimina los impactos ambientales de estos residuos.

Palabras Clave: *elongación a la ruptura, plástico composteable, oxodegradable, polietileno*

1. INTRODUCCIÓN

Los plásticos son una parte importante de la vida diaria; los productos hechos de plásticos abarcan desde sofisticados artículos, tales como prótesis de cadera y articulación de la rodilla, hasta utensilios desechables para comida. Las propiedades de los plásticos se adaptan a las necesidades específicas variando su composición atómica de repetición, modificando su peso molecular y la distribución de éste. El grado de cristalinidad puede ser controlado por la orientación impartida durante el proceso de copolimerización, mediante la mezcla con otros plásticos, y la vía de incorporación de una amplia gama de aditivos (fillers o cargas, fibras, plastificantes y estabilizadores). Teniendo en cuenta todos los medios para lograr la adaptación de cualquier polímero dado, no es sorprendente la gran variedad de opciones disponibles que existen hoy [1].

En México, la generación de residuos plásticos reportada para el año 2010 es de 4,362.40 toneladas [2]. Una consideración importante es cómo están contribuyendo los plásticos a los problemas de generación y disposición de los desechos sólidos. No hay duda de que la cantidad de plásticos que entran al flujo municipal de desechos sólidos se ha incrementado marcadamente en las dos últimas décadas y continúa aumentando [3]. Por supuesto, los plásticos convencionales que se dejan abandonados después de usarlos o llegan a tiraderos a cielo abierto no desaparecen a la vista. Ante esto, se ha sugerido el uso de plásticos degradables como una opción para su manejo como residuos.



Hacia 1970 la atención en la degradación de los plásticos, incluyendo su biodegradación, se enfocaba principalmente en garantizar su funcionalidad durante su vida útil. Sin embargo, debido a su acumulación como residuos, en años recientes se han desarrollado materiales en los que la degradabilidad se considera un atributo positivo. La biodegradación y otros tipos de degradación, como la fotodegradación, no siempre estuvieron diferenciadas con claridad. La biodegradabilidad de un plástico implica que los organismos pueden usarlo como fuente de alimento, transformando su estructura química en un periodo razonable. La fotodegradación, por su parte, se refiere a la pérdida de propiedades físicas inducida por la exposición de la luz. La modificación apropiada de la estructura química del polímero o el uso de aditivos puede lograr esta degradación acelerada. Tales plásticos se denominan, apropiadamente, fotodegradables, pero en muchas ocasiones se les denomina en forma errónea como biodegradables [1].

En México es posible encontrar dos tipos de plásticos degradables: los hidrolizables y los oxo-degradables. Uno de los plásticos hidrolizables más comunes es el ácido poliláctico (PLA), que es un poliéster alifático lineal producido por la policondensación natural del ácido o por la apertura de anillos catalíticos del grupo láctico. El PLA en ocasiones es mezclado con almidón para incrementar su biodegradabilidad y reducir costos. Es completamente biodegradable cuando es composteado en operaciones a gran escala con temperaturas de 60° C y superiores. La primera etapa de degradación del PLA (2 semanas) es vía hidrólisis a compuestos solubles en agua y ácido láctico. La metabolización rápida de esos productos por una variedad de microorganismos forma CO₂, biomasa y agua [4].

Por su parte los plásticos oxo-degradables, son materiales poliméricos convencionales que contienen sustancias pro-oxidantes. Esos materiales requieren degradación oxidativa (normalmente por la acción de la radiación ultravioleta o calor) para reducir la masa molar y formar grupos oxigenados, que son fácilmente metabolizados por microorganismos. Los aditivos pro-oxidantes son agregados a bajas concentraciones comúnmente (1 – 5 % en masa) en la formulación de resinas poliméricas convencionales, o incluso en resinas hidro-biodegradables, casi sin cambios en sus propiedades mecánicas y ópticas originales. Estos materiales pro-oxidante activados han sido usados como películas mulch en la agricultura (para retención de humedad) y bolsas para basura, entre muchas otras aplicaciones [5].

En este proyecto, la exposición de plásticos degradables sometidos a la intemperie permitió evaluar los cambios de algunas de sus propiedades físicas y generar información real sobre la degradación de ciertos polímeros y en particular con las condiciones de la Ciudad de México, ya que no se cuenta con datos para esta zona. Por otra parte, la exposición a condiciones simuladas de intemperismo arrojó información sobre la degradación del plástico en condiciones aceleradas, estableciendo así una equivalencia, en el periodo de estudio, con respecto al tiempo real, que servirá como referencia para evaluaciones futuras.

2. METODOLOGÍA

2.1 Preparación de las muestras

Se evaluaron bolsas de plástico en forma conocida comúnmente como “camiseta” de: polietileno de alta densidad convencional (PEAD), polietileno de alta densidad con aditivo oxo degradable (PEAD-Oxo), ambas de la marca d2w™ y una formulación de plástico composteable, con nombre comercial ECOVIO® de la marca BASF. Se cortaron tiras con dimensiones de 15 mm de ancho por 120 mm de largo.

2.2 Intemperismo natural

Las muestras se colocaron en paneles de madera y de aluminio con vidrio, para evaluar el efecto del intemperismo directo e indirecto, tal como se muestra en la figura 1. Los paneles se colocaron en la azotea del Edificio W de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, en la Ciudad de México, D. F., en un área delimitada y asignada. Para su posicionamiento se empleó una brújula topográfica tipo Brunton azimuthal, orientando las caras con dirección al Sur e inclinadas hacia el Norte en un ángulo de 45° respecto al nivel de piso. Estas son condiciones que ofrecen una exposición directa máxima de la luz solar e intensidad. La inclinación también es preferible ya que permite un cierto drenaje y lavado durante las lluvias [6].

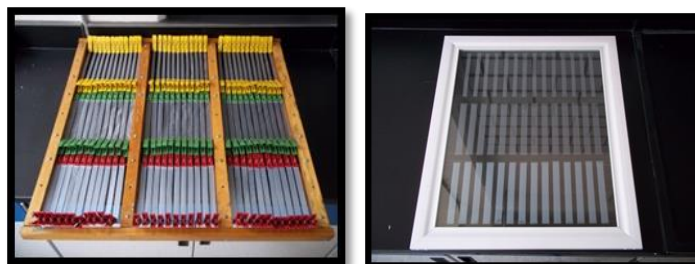


Figura 1. Paneles para la exposición de muestras a intemperismo directo (izquierda) e indirecto (derecha)

El periodo de exposición de las muestras plásticas en los paneles de madera fue de 3 meses, con una revisión semanal del estado físico de las tiras y las condiciones de montaje. El muestreo de las probetas se efectuó cada mes, retirando 11 tiras de ECOVIO® y PEAD-Oxo y 12 de PEAD convencional. Para los paneles de vidrio los muestreos se realizaron en los días 45, 90 y 145 de exposición a la intemperie, con el retiro de 14 tiras por tipo de plástico.

Durante la exposición a la intemperie se registraron las condiciones meteorológicas monitoreadas en la estación de Tlalnepantla del Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México; La información meteorológica se consultó en la página electrónica del SIMAT, en la dirección <http://www.calidadaire.df.gob.mx/calidadaire/index>.

2.3 Intemperismo simulado

La simulación de intemperismo en laboratorio se realizó en una cámara para tratamiento intensificado de foto y termo-oxidación cuyo propósito es acelerar los cambios en las propiedades de los materiales, ocasionados por la exposición al ambiente. Este tipo de equipos se emplea para realizar pruebas de degradación acelerada en plásticos, madera, pinturas, tela y adhesivos [7]. La cámara está equipada con ocho lámparas tubulares que emiten radiación UVA, entre los 350 y 400 nm, adecuada para semejar el envejecimiento natural por la radiación solar que se filtra a la superficie terrestre.

Para estas pruebas se utilizaron 10 tiras de cada material plástico en cada muestreo, cubriendo una cantidad de 30 muestras por periodos de exposición preestablecidos. Cumplidos los primeros 4 días de exposición, se retiraron 30 probetas dejando el resto hasta cubrir los 7 días, y una vez transcurridos se retiraron para sus posteriores pruebas. El mismo procedimiento se repitió para los días 11 y 14 de exposición.

2.4 Evaluación de la degradación

Las muestras expuestas en las 2 condiciones descritas anteriormente se evaluaron mediante la medición de su elongación a la ruptura, que es inversamente proporcional a su degradación. Para esto se empleó la Máquina de Ensayos Universal, modelo LP PLUS, marca Lloyd Instruments. Se tomó como referencia técnica la Norma ASTM D 882 – 97 [8]; Método de prueba estándar para propiedades de tensión de láminas plásticas delgadas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Intemperismo directo

Al término del periodo de exposición para los 3 materiales plásticos, se comparó el porcentaje de elongación para cada uno con el presentado al tiempo cero. Se observó que no hubo para el PEAD Convencional ya que, la elongación inicial o

de referencia registró $760.29 \pm 103.32\%$ comparado con $799.33 \pm 48.26\%$ después de 125 días a la intemperie. El PEAD – Oxo siguió la misma tendencia puesto que, al inicio se obtuvo para este material plástico una elongación inicial de $681.88 \pm 31.99\%$ comparado con 683.99 ± 39.84 después de 125 días, sin embargo en las muestras ECOVIO® se presentaron una disminución de la capacidad de elongación de $616.44 \pm 42.86\%$ a $34.45 \pm 6.70\%$ y que corresponde una reducción en la elongación de 94.42% (tabla 6.13). Además estas muestras presentaron fracturas a los 125 días de exposición, y por lo tanto no fue posible efectuar pruebas (figura 2).

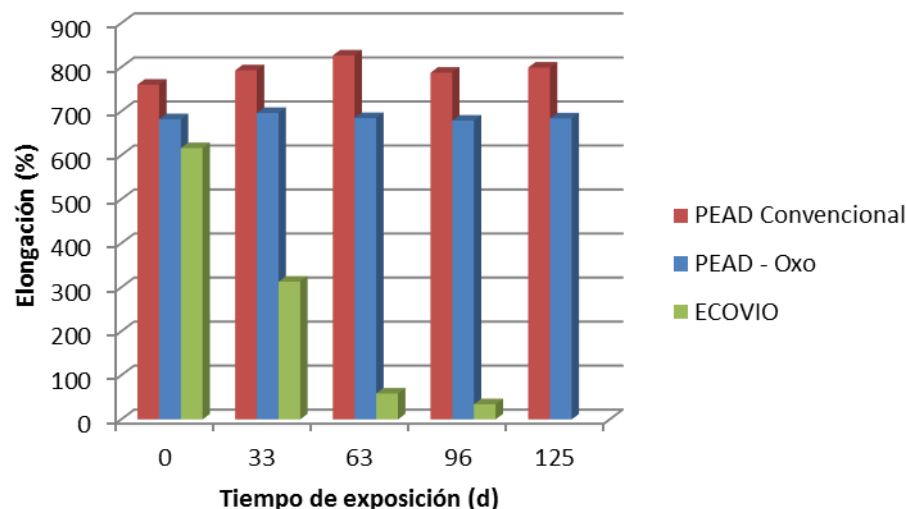


Figura 2. Porcentajes de elongación a la ruptura para cada plástico en intemperismo natural directo

3.2 Intemperismo indirecto

Para las muestras de ECOVIO únicamente pudo evaluarse la elongación a los 47 días, pues en los muestreos posteriores presentaron fragmentaciones. Respecto al PEAD – Oxo se pudo apreciar claramente la reducción de la elongación conforme avanzó el tiempo de exposición, la cual fue de 33.34%. Por último el PEAD Conventional redujo su elongación en 14.84% (figura 3).

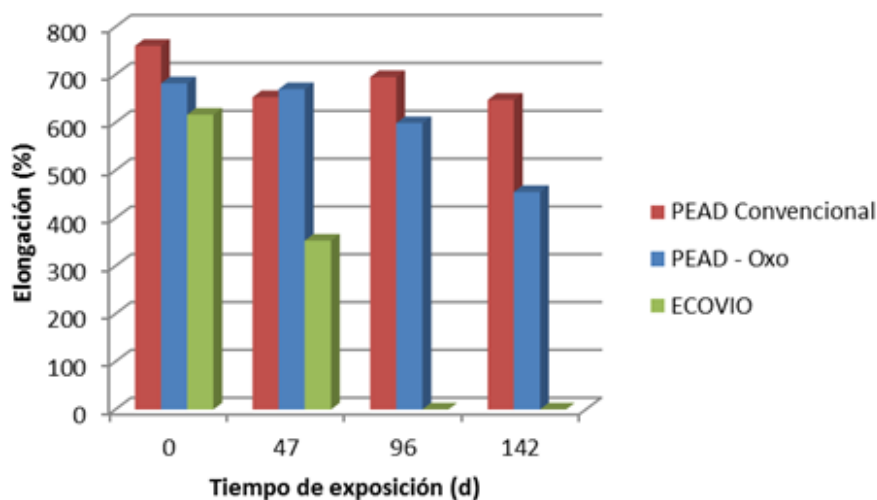


Figura 3. Porcentajes de elongación a la ruptura para cada plástico en intemperismo natural indirecto

Aunque estos paneles no se diseñaron para retener agua en su interior, debido al contacto con agua pluvial por varios días, el interior de los mismos retuvo humedad.

3.3 Intemperismo simulado

En condiciones simuladas todas las muestras que se expusieron en la cámara presentaron degradación en pocos días, puesto a los 11 días de exposición las tiras de PEAD – Oxo disminuyeron su elongación hasta $4.64 \pm 2.00\%$ respecto una elongación promedio $681.88 \pm 31.99 \%$ que originalmente presentaban, lo cual representa un 99.32% de reducción, esto indica que efectivamente el aditivo que contiene el plástico propicia su degradación bajo las condiciones de operación del equipo ya que, la elongación a la ruptura es una medida indirecta útil para conocer el grado de deterioro que presenta. Las muestras de ECOVIO® y PEAD Convencional también presentaron reducción en su elongación, en la mayoría de las muestras que se sometieron a condiciones simuladas durante 14 días se deshicieron por completo, lo que significa que alcanzado este tiempo se tendrá una degradación de los materiales plásticos con certeza, puesto al contacto con éstas se fracturaron en pequeñas partes (figura 4).

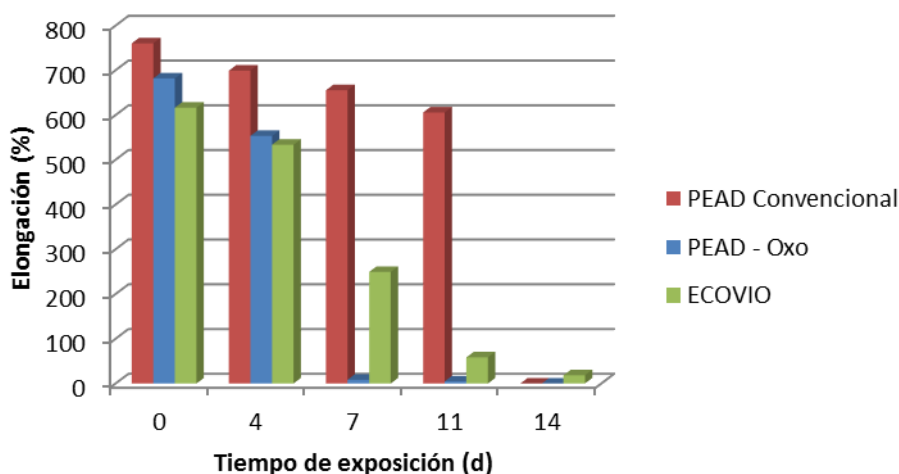


Figura 4. Porcentajes de elongación a la ruptura para cada plástico en intemperismo simulado

4. CONCLUSIONES

La existencia de una correlación de equivalencia de tiempo entre las condiciones de exposición para los plásticos empleados no fue posible, ya que el periodo de exposición a la intemperie es muy largo en comparación con la simulada. Además, la temperatura, radiación y humedad no convergen para ambas situaciones y por lo tanto no fue posible establecer una relación directa entre el tiempo de exposición en la cámara y en condiciones naturales.

Se observó que los tres plásticos evaluados presentaron degradación en términos de pérdida de propiedades mecánicas, que se observó con mayor claridad para el ECOVIO® en condiciones naturales y para el OXO-PEBD en la cámara de intemperismo. De lo anterior puede deducirse que, mientras en este último el detonador del proceso es la radiación UV, para el primero éste se ve favorecido por la combinación de las variables ambientales, que incluyen lluvia y fluctuaciones de temperatura.



La degradación se manifestó en algunos casos por medio de la fragmentación. En un estudio posterior podría evaluarse si los fragmentos generados son realmente biodegradables y si presentan algún efecto ecotóxico en el entorno. Resulta claro que la fotodegradación por si misma no es suficiente para aminorar los efectos ambientales de los residuos plásticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C. Harper, Handbook of plastics, elastomers and composites. New York: McGraw Hill, 2002.
- [2] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, “Residuos solidos urbanos,” Sistema nacional de información ambiental, 2012. [Online]. Available: www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/SNIA/pages/snia.aspx. [Accessed: 28-Feb-2012].
- [3] I. Rubin, Materiales plásticos, propiedades y aplicaciones. México, D. F.: Limusa, 2008.
- [4] A. A. Shah, F. Hasan, A. Hameed, and S. Ahmed, “Biological degradation of plastics: A comprehensive review,” Biotechnol. Adv., vol. 26, no. 3, pp. 246–265, 2008.
- [5] T. Ojeda, A. Freitas, E. Dalmolin, M. D. Pizzol, L. Vignol, J. Melnik, R. Jacques, F. Bento, and F. Camargo, “Abiotic and biotic degradation of oxo-biodegradable foamed polystyrene,” Polym. Degrad. Stab., vol. 94, no. 12, pp. 2128–2133, 2009.
- [6] L. K. Massey, The effect of UV light and weather. New York: William Andrew Publishing, 2007.
- [7] G. Aragon González, A. León Galicia, M. Cano Blanco, and A. Vázquez Morillas, “Manual de usuario de la cámara de intemperismo acelerado con radiación UV,” México, D. F., 2011.
- [8] ASTM International, “ASTM D 882-97 Método de prueba estandar para película plástica delgada.” 1997.

[Indice](#)



El efecto de los Gases de Relleno Sanitario en el Ciclo de Vida Vegetal

Eduardo Baltierra Trejo¹, Liliana Márquez-Benavides¹, Juan Manuel Sánchez-Yáñez²

¹Residuos Sólidos y Medio Ambiente del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

²Microbiología Ambiental del Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas. Edif. B-3 Ciudad Universitaria UMSNH, Av. Francisco J. Mujica S/N Col. Felicitas del Río CP 58040, Morelia Michoacán-México.
Tel. +52(443) 3223500 Ext 4240. Email: syanez@umich.mx

RESUMEN

La emisión de gases de rellenos sanitarios no sólo impacta negativamente a la atmósfera, posiblemente también exista una afectación sobre la vegetación en el área y sitios aledaños por la migración de gases en el subsuelo. Sin embargo no existe una metodología para evaluar ni información referente al daño del biogás sobre la fisiología de la planta. El objetivo de esta investigación fue diseñar un modelo experimental para analizar el efecto del biogás sobre las raíces vegetales. Para ello se diseñó y construyó un sistema de simulación de la degradación anaerobia en los rellenos sanitarios que difunde biogás en el suelo donde creció planta de calabaza (*Cucurbita pepo* L.). El efecto del biogás sobre esa planta se midió en función del porcentaje de germinación, peso fresco y seco foliar y radical. Los resultados mostraron que la difusión de biogás en el suelo provocó la inhibición de la germinación de semillas de calabaza y de su crecimiento a nivel de plántula en comparación con la planta control sin exponer a biogás; sin embargo los síntomas de estrés (esto no se puede saber) disminuyeron después de la tercera semana, lo que indica un mecanismo de tolerancia en las plantas adultas.

Palabras Clave: Biogás, fisiología, modelo, raíz, suelo.

1. INTRODUCCIÓN

Las plantas que crecen en rellenos sanitarios (RESA) y tiraderos a cielo abierto están expuestas a distintas concentraciones de biogás derivado de la digestión anaerobia (DA) de la fracción orgánica (FO) de los residuos sólidos urbanos (RSU), que está compuesto por metano (CH_4) con un 50-60%, CO_2 con un 40-55% además de cantidades menores de otros gases y trazas de compuestos orgánicos volátiles (COV) 0.01-0.6% [1]. Por otro lado se han identificado un total de 116 COV liberados en los RESA, de ellos los compuestos aromáticos son el grupo dominante con 71.5%, seguido por los alcanos con un 6.8%, de las cetonas con 5.7%, de los ácidos orgánicos con un 5.2%, los aldehídos con un 3.0%, los ésteres con un 1% y los fenoles con un 1% [2]. La mayoría son fitotóxicos como: el cloruro de vinilo, el benceno, el tolueno, el cloroetano y el cloroformo; su generación depende de la co-disposición de residuos peligrosos y de la formación de lixiviados [3].

El biogás generado difunde hacia la atmósfera por diferencia en el gradiente de presión y de la temperatura, mientras que a lo largo circula en la dirección de áreas de menor presión en la denominada migración lateral de biogás (MLB), que depende de la porosidad de la clase del suelo adyacente al RESA [4]. Se ha registrado que la concentración de CH_4 y CO_2 supera el 40% a 100 m de distancia del borde del RESA y hasta 5% de CH_4 a 300 m de su límite [3].

El biogás en los RESA se ha relacionado como la principal causa de la pérdida de la vegetación y como un factor que dificulta su reforestación una vez que estos sitios son clausurados, sin embargo, no existe una metodología para analizar, ni información suficiente sobre el efecto del biogás en el crecimiento vegetal. Por ello es necesario diseñar un modelo experimental que simule la difusión directa del biogás producto de la DA de la FO de los RSU sobre el sistema radical



vegetal para establecer el efecto en función de la concentración en el sitio y tiempo de exposición en diferentes fases del crecimiento vegetal.

2. METODOLOGÍA

En el RESA de Pátzcuaro, Mich. se encontró una especie de calabaza que crece de manera silvestre sobre las celdas selladas, por ello se decidió usar como planta modelo en el estudio del efecto del biogás en el crecimiento vegetal. Se diseñó un modelo de análisis *ex situ* para demostrar el efecto del biogás en las raíces de calabaza, para ello se construyeron reactores de digestión anaerobia de sustrato sólido (RDASS), y aprovechar la producción de biogás simulando al generado en un RESA. El biogás se hizo circular en el sistema de medición del volumen de biogás (SMB) y luego fluyó a través de la unidad de crecimiento vegetal (UCV) la cual contuvo el suelo artificial en el que se sembró y creció la calabaza, lo cual se describe a continuación:

2.1. Operación del reactor de digestión anaerobia de sustrato sólido

Para la producción de biogás se usaron RDASS, cada uno consistió en un reservorio de vidrio de 2 L, con una mezcla de 350 g de excreta fresca de vaca, 350 ml de la fase acuosa de lodos biológicos, 350 g de suelo orgánico, 3 g de carbonato de sodio (NaCO_3) y 3 g de sacarosa ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$). Para alimentar los RDASS se preparó una mezcla que consistió en 60% residuos alimenticios domésticos y 40% papel bond, enriquecida con lodos biológicos en proporción 59:1, esta mezcla se deshidrató en horno a 105°C y se trituroó en molino con criba de 4 mm. Los RDASS se sellaron herméticamente, se incubaron a 35°C y se alimentaron cada 5 días con 21 g de la mezcla de residuos orgánicos y 39 mL de H_2O destilada.

2.2. Estandarización de la medición de biogás

El SMB estaba constituido por 2 frascos de vidrio de 4 L graduados con 3.5 L de solución salina al 20%. El volumen de biogás generado por cada RDASS se determinó por desplazamiento de la solución salina entre los frascos, se adaptó un mecanismo de llaves para cambiar la dirección del flujo una vez desplazado el volumen total de solución salina y finalmente dirigirlo a la UCV. Se ubicaron sitios de muestreo en el RDASS y en el SMB para determinar el contenido de CH_4 en el biogás por medio del cromatógrafo de gases VARIAN CP-3800 con detector FID y una columna empacada HAY-ESEP-Q-80-100-MESH. Las temperaturas de operación del inyector, el detector y la columna fueron de 200, 210 y 90°C , respectivamente. Se realizó el seguimiento del volumen y composición del biogás en un periodo de 45 días; se probó si la acidez a pH 4 o alcalinidad a pH de 10 de la SS influyó en la concentración de CH_4 del biogás proveniente de los RDASS después de su difusión por el SMB.

2.3. Difusión de biogás en la unidad de crecimiento vegetal

Para la difusión del biogás en la raíz de calabaza se construyó la UCV haciendo uso de un cilindro de tereftalato de polietileno (PET) de 40 cm de altura x 11 cm de diámetro. El cilindro contenía 2 kg de suelo artificial construido con textura: arena 50%, arcilla 20%, y limo 30%. Se ubicó un tercer punto de muestreo para lo que se adaptó para esta prueba una bolsa al cuello de la UCV con el propósito determinar si la concentración de CH_4 en el biogás generado en el RDASS era similar después de difundir en el suelo de la UCV bajo 2 condiciones: en suelo seco e hidratado a capacidad de campo.

2.4. Efecto del biogás en las de raíces de plantas

Finalmente, probados los componentes del modelo se examinó el efecto del biogás en el crecimiento de calabaza, para ello se tuvieron 2 grupos de RDASS en diferente estado en el proceso de DA, los de mayor producción de biogás se denominaron de “alta concentración” y los de menor de “baja concentración” y se monitorearon a lo largo del experimento. Se sembraron 4 semillas de calabaza, previamente desinfectadas con solución hipoclorito de sodio 5 %/5 min y lavadas con agua destilada estéril, en el suelo artificial de cada UCV. Luego de germinar las plántulas crecieron bajo un ciclo de iluminación 16/8 h luz/oscuridad con lámpara fluorescente a 8600 Lux y a 25° C. Las plantas se alimentaron con solución nutritiva (g/L): NH_4NO_3 10, K_2HPO_4 2, KH_2PO_4 2.5, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 1, NaCl 0.1, CaCl_2 , $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.001; H_3BO_3 0.00286, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.00022, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.0001, $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.0001, pH 6.6. Las variables-respuesta consideradas fueron: el porcentaje de germinación, el peso fresco y seco foliar y radical de calabazas cosechadas a los 15 y 30 días después de su germinación.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Germinación

El diseño de la UCV permitió medir una concentración de CH_4 similar a la reportada en respiraderos de RESA, en promedio de ~60% con suelo seco, en tanto que en el suelo capacidad de campo fue de ~45%. Ésta última condición fue una barrera física para el flujo del biogás generado en el RDASS, por lo que el efecto en el crecimiento vegetal en este modelo planteado será diferente al aplicarse un suelo distinto.

El biogás causó inhibición de la germinación de la semilla de calabaza, las expuestas a alta concentración hubo inhibición del 100% y a baja concentración fue del 25% comparado con la germinación de la misma semilla sin exponer al biogás que fue del 0% (Figura 1). La semilla expuesta a alta concentración de biogás germinó 4 días después que la semilla sembrada en el suelo sin exponer a biogás, con un porcentaje del 25%, las cuales se consideraron en la medición del crecimiento a los 15 y 30 días.

La plántula de calabaza cosechada 5 días después de la germinación expuesta a alta concentración de biogás tuvo menor biomasa en peso fresco y seco comparado con la calabaza crecida en suelo no expuesto al biogás.

La germinación de la semilla de calabaza se inhibió por la difusión de biogás, lo que indicó que esta es una etapa crítica ya que tanto las semillas como las plántulas requieren una alta presión de O_2 para activar el metabolismo de hidrólisis de almidón de reserva [5]. Sin embargo se requiere mayor investigación para definir si el daño se debe a la anoxia o a una alteración metabólica en la cadena respiratoria provocada por los altos niveles de CO_2 o CH_4 en el biogás. En las UCV expuesta a elevada concentración de biogás se encontraron semillas con embriones que germinaron, pero murieron antes de emerger del suelo, lo cual fue una evidencia de la sensibilidad de la semilla al biogás.

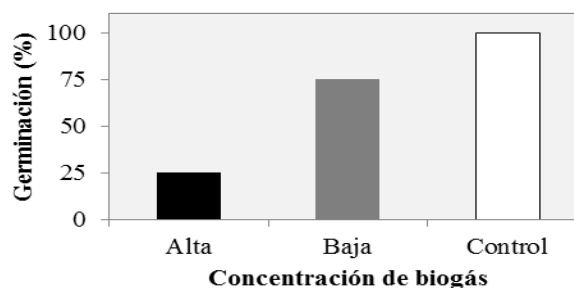


Figura. 1. Efecto de alta (80 L/mes, CH_4 58.9%) y baja (45 L/mes, CH_4 49.18%) concentración de biogás en la germinación semillas de calabaza.

3.2. Crecimiento de las plántulas de calabaza a los 15 días

Las plántulas de calabaza de 15 días expuestas a alta concentración de biogás mostraron menor crecimiento (Figura 2). En la parte aérea de la calabaza sembrada sin exponer al flujo de biogás que fue en el fresco de 3.0067 g y en el seco de 0.2079 g, mientras que en la raíz el promedio fue del peso fresco de 0.0697 g y del seco de 0.0104 g menor al registrado en la calabaza sin exponer a biogás con un fresco radical de 0.2296 g y un seco de 0.0394 g. La calabaza expuesta a baja concentración mostró un crecimiento ligeramente menor y sin diferencia comparado con la calabaza que creció en suelo sin exponer al biogás: la aérea tuvieron un peso fresco promedio de 2.3787 g y un seco 0.1467 g, mientras que en la raíz el fresco fue en promedio del 0.1125 g y el seco de 0.0263 g. Se observó un daño foliar con síntomas de clorosis y marchitez en la plántula de expuesta a elevada concentración de biogás y menor en las de baja, lo que confirma que el daño es en función de la concentración.

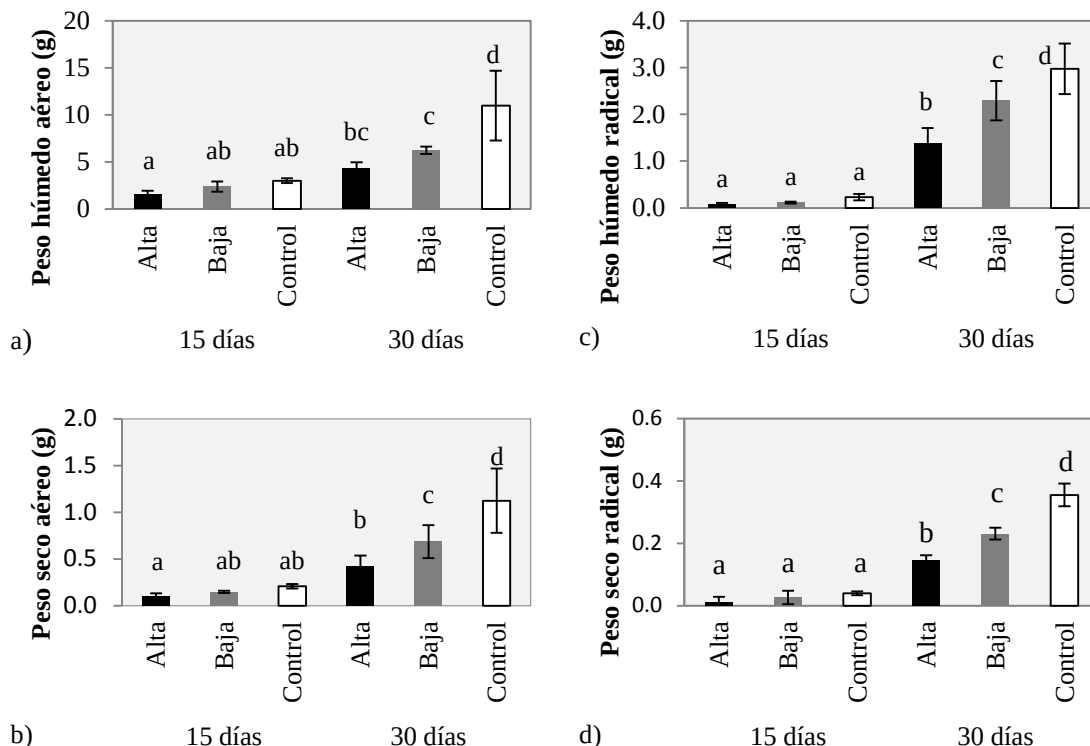


Figura. 2. Promedio del peso fresco y seco de la parte aérea (**a y b**) y radical (**c y d**) de calabaza a los 15 y 30 días expuesta a alta (80 L/mes, CH₄ 58.9%) y baja (45 L/mes, CH₄ 49.18%) concentración de biogás.

3.3. Crecimiento de las plántulas de calabaza a los 30 días

Las plántulas de calabaza expuestas a biogás durante 30 días mostraron inhibición de su crecimiento, a elevada concentración la parte aérea tuvo menor biomasa expresada en peso y seco comparado con el de la calabaza sembrada en



suelo sin exponer a biogás. En plántulas expuestas a baja concentración la inhibición del crecimiento fue menor pero estadísticamente significativo en la parte aérea y radical comparado con la calabaza sembrada en suelo sin exponer a biogás. El daño foliar fue menor en la calabaza expuesta a concentración alta de biogás, mientras que en baja mostró un efecto similar al de la calabaza usada como control sin exponer a biogás.

Los síntomas de estrés en las hojas como clorosis y pérdida de hojas por exposición al biogás fueron más notorios en los primeros 15 días de exposición, mientras a los 30 días disminuyó el daño foliar, lo que sugiere que las plántulas en al madurar sean menos sensibles al biogás por lo que se requiere probar en futuras investigaciones el efecto del biogás en distintas fases de crecimiento.

Los pocos estudios realizados señalan que el efecto negativo en el crecimiento de plantas en RESA es causado por la condición de anoxia por desplazamiento del O_2 . Se considera que el CH_4 y CO_2 no son gases que alteren la fisiología de la planta, lo que sugiere que el daño es por asfixia de la raíz y no por alteración de una ruta metabólica [6], aunque no existe suficiente investigación al respecto para una explicación definitiva. Como resultado de la falta de O_2 de suelo, ocurre un cambio de respiración de aeróbica en anaeróbica en las raíces de plantas, esto causa una reducción en la síntesis del trifosfato de adenosina (ATP) necesario para el metabolismo aerobio y se acumulan compuestos tóxicos como etanol, ácido láctico, acetaldehído y cianogénicos. Una acidosis citosólica ocurre en las células debido a la acumulación de ácido láctico en el citoplasma seguido de muerte celular [7]. La respuesta radical más característica es la sobreproducción de ácido-1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) precursor del etileno en el tallo, también sucede una reducción de la síntesis de citoquininas y giberelinas con un aumento de la concentración de ácido abscísico en hojas que provoca el cierre estomático [8]. El transporte de O_2 a la raíz es importante debido a que está involucrado en la bioquímica de oxidación de carbohidratos para la obtención de ATP, del ión ferroso (Fe^{2+}) a férrico (Fe^{3+}), de sulfitos (SO_3^{2-}) a sulfuro (SO_4^{2-}) y el amonio (NH_4^+) a nitrato (NO_3^-).

4. CONCLUSIONES

La investigación sobre el estado del arte del efecto del biogás de RESA en el crecimiento vegetal es incipiente y poco clara, por lo que es difícil contrastar los resultados obtenidos en este modelo experimental con trabajos previos. Aunque los resultado confirman que el biogás producto de la DA de la FO de los RSU tiene un efecto inhibitorio del crecimiento vegetal aun no es posible dar una explicación precisa de cuál es el mecanismo por el que se produce, por lo que será necesaria mayor investigación para obtener una conclusión al respecto. También es necesario investigar si el efecto fitotóxico del biogás se debe al CO_2 , al CH_4 o a la combinación de ambos y si el daño es similar en los diversos grupos vegetales.

Las estandarización de las condiciones de estudio como se propone en este trabajo, permitirá además probar el efecto del biogás en las poblaciones microbianas del suelo, encontrar géneros vegetales sensibles o resistentes al biogás y los mecanismos morfofisiológicos que en ellos actúan, lo que podría derivar en la obtención de bioindicadores de la calidad del aire del suelo en los RESA.

AGRADECIMIENTOS

El desarrollo de esta investigación se llevó a cabo gracias al financiamiento otorgado al Proyecto 2.7 y 5.15 (2010-2011) de la CIC-UMSNH y a la Beca 239180 del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Flower F.B., Gilman E.F., Leone I.A. 1981. Landfill gas, what it does to trees and how its injurious effects may be prevented, *Journal of Arboriculture*. Vol 7: pp. 43-52.
- [2] Tassi F., Montegrossi G., Vaselli O., Liccioli C., Moretti S., Nisi B. (2009) Degradation of C2-C15 volatile organic compounds in a landfill cover soil. *Science of The Total Environment*. Vol. 407 pp. 4513-25.
- [3] Tchobanoglous G, Kreith, F. 2005. *Handbook of Solid Wasted Management*. 2^a ed, McGraw-Hill, New York, Cap.14.
- [4] Rivera G., Sarmiento B.C. 1994 *Programa de pruebas de campo para la utilización de biogás del Relleno Sanitario Prados de la montaña*. <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/resisoli/mexico/03538e14.pdf>
- [5] Azcón J., Talón M. Tadeo F. 2001. *Fundamentos de fisiología vegetal*. “Fisiología de las plantas y Estrés”, McGraw-Hill Interamericana, España, 481-98 pp.
- [6] Chan G.Y.S., Wong M.H., Whitton B.A. 1991. Effects of landfill gas on subtropical woody plants. *Environmental Management*. Vol. 15 pp. 411–31.
- [7] Gil P., Schaffer B., Gutiérrez S.M., Li C. 2007. Efecto del anegamiento en el estatus hídrico e intercambio gaseoso y biomasa del palto (*Persea americana* Mill.). *Proceedings VI World Avocado Congress. Chile*.
- [8] Jackson M. 2002. Long-distance signaling from roots to shoots assessed: the flooding story, *Journal of Experimental Botanic*. Vol. 53 pp. 175-81.

[Indice](#)



Degradación de Fenol utilizando un Compuesto TiO_2 /Hidrotalcita

¹J. C. Contreras-Ruiz, ¹S. Martínez-Gallegos, ¹G. García-Rosales, ¹M. R. Mejía-Cuero

¹ Instituto Tecnológico de Toluca. Av. Tecnológico s/n, Fraccionamiento la Virgen, Metepec, Edo. de México, C. P. 52149, México. Tel (52) (722) 208 7200, iojcr@yahoo.com.mx

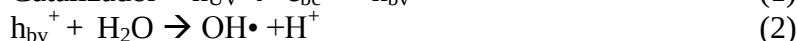
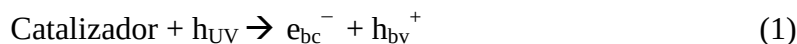
RESUMEN

El fenol se genera en los desechos de industrias como la del papel, maderera, pinturas, entre otras. En la actualidad se buscan alternativas eficientes para reducir el riesgo de contaminación ambiental por este tipo de residuos de carácter orgánico. La fotocatálisis heterogénea tiene un gran potencial para el control y eliminación de contaminantes orgánicos en el agua. El TiO_2 es el material que se ha utilizado para este propósito. En este trabajo se analiza la capacidad fotocatalítica de compósitos formados por TiO_2 e hidrotalcita sometidos a irradiación UV ($\lambda=254$ nm), en ausencia de luz visible para la degradación de fenol ($C_i=10$ mg/L). Se observó que el TiO_2 se impregna en mayor cantidad en materiales con tamaño de cristal más pequeño como los que se prepararon por sol-gel ya que se minimiza el fenómeno de apantallamiento del catalizador y aumenta la superficie expuesta durante la irradiación favoreciendo al mismo tiempo contacto directo entre el fenol y el TiO_2 .

Palabras clave: Fotodegradación, Fenol, TiO_2 , Hidrotalcita, compósitos.

1. INTRODUCCIÓN

Existen diferentes métodos para descontaminar el agua dependiendo y su aplicación se asocia al tipo de contaminantes presentes en la misma, algunos de los métodos son el intercambio iónico y la adsorción sobre materiales de superficie activa como las hidrotalcitas. [1]. Estos dos métodos se encuentran dentro de los procesos terciarios para el tratamiento de aguas, que requieren que el influente contenga pequeñas cantidades de aquel contaminante que es resistente a los procesos primario y secundario. Los procesos terciarios convencionales no destruyen los contaminantes, sino que los transfieren de una fase a otra [2]. Los procesos avanzados de oxidación (PAO) tiene la característica de destruir al contaminante aprovechando la generación de radicales libres debido al alto poder de oxidación con que reaccionan frente a los compuestos orgánicos. En particular la fotocatálisis heterogénea es una técnica promisoría, su principio básico es irradiar una suspensión acuosa que contenga al contaminante orgánico (fenol) y a un catalizador (TiO_2). Los catalizadores son materiales tipo semiconductor, que presentan dos regiones en las que pueden situarse los electrones: la banda de valencia y la de conducción, donde esta última es de más alta energía. Cuando un semiconductor se ilumina y absorbe radiación (UV $\lambda < 380$ nm) de energía suficiente a la de separación entre ambas bandas se produce el par de cargas eléctricas: un electrón deslocalizado e_{bc}^- y una vacancia de electrón o hueco h_{bv}^+ (ecuación 1), en ese punto los pares e_{bc}^- , h_{bv}^+ pueden recombinarse o moverse a la superficie del catalizador en donde pueden participar en reacciones redox. Los h_{bv}^+ , después de migrar a la superficie, reaccionan con sustancias adsorbidas, (agua o iones OH^-) generando radicales $\text{HO}^\bullet$ (ecuaciones 2 y 3). Los procesos fotocatalíticos se llevan a cabo en ambientes aerobios, con lo cual el O_2 adsorbido es la principal especie aceptora de electrones evitando la recombinación e_{bc}^- , h_{bv}^+ (ecuación 4) [3].



El TiO_2 es un material que presenta una gran estabilidad, es seguro biológicamente, es de bajo costo y tiene un gran rendimiento fotocatalítico, sin embargo la dificultad que presenta para coagular hace muy costosa su filtración, por lo que en la actualidad se busca soportarlo sobre otros materiales [4]. La hidrotalcita es una arcilla aniónica de estructura laminar, en donde las unidades básicas son láminas con cationes Mg^{2+} localizados en el centro y coordinados octaédricamente por seis grupos OH. Las hidrotalcitas son el resultado de la substitución de una fracción de los cationes magnesio por un catión trivalente (M^{3+}), generando así un residuo de carga positiva en las láminas, la cual se compensa con la presencia adicional de aniones interlaminares [5]. En particular, la estructura laminar y la presencia de grupos OH en la hidrotalcita puede mejorar la eficiencia de reacciones fotocatalíticas mediante la inducción de la transferencia de electrones, evitando la recombinación de e_{bc}^{-} , h_{bv}^{+} y promoviendo la formación de radicales $OH^{\bullet}$ [6]. En este trabajo se emplean compósitos formados por TiO_2 e hidrotalcitas sintetizadas por los métodos de sol gel (Hs/TiO_2) y precipitación (Hp/TiO_2) además de dióxido de titanio (TiO_2) obtenido a partir de isopropóxido de titanio (TTIP) que se obtuvieron como se reporta en el trabajo previo [7].

2. METODOLOGÍA

- 2.1 *Evaluación de la actividad fotocatalítica con fenol:* Los materiales Hp/TiO_2 , Hs/TiO_2 y TiO_2 en concentración de 1 g/L fueron mezclados de manera preliminar con una solución de Azul de Metileno (AM) Merck ($C_i=10$ mg/L) para comprobar su actividad fotocatalítica y posteriormente se mezclaron en una solución de fenol Baker ($C_i=10$ mg/L) bombeando aire y con agitación constante para evaluar su eficiencia como fotocatalizadores. Las soluciones se estabilizaron durante 20 minutos para permitir la retención del AM y fenol en los materiales, enseguida se empleó una lámpara UV (4w, $\lambda=254$ nm) para irradiar las muestras durante 120 minutos en ausencia de luz visible, a temperatura ambiente y manteniendo constante la agitación y la inyección de aire. Alícuotas de 5 mL fueron extraídas a distintos tiempos de irradiación. El sólido de cada una de las muestras fue separado con un filtro microporo 0.45 μm . Las concentraciones de AM remanente se determinaron en un espectrofotómetro UV-Vis (Thermo Evolution Array) ($\lambda=664$ nm).
- 2.2 *Determinación de fenol:* Para la curva de calibración se preparó una solución en concentración de 10 mg/L de fenol, a partir de la cual se realizaron 7 diluciones. Las concentraciones de fenol en las disoluciones para la curva de calibración y en cada una de las alícuotas extraídas de la solución irradiada se determinaron usando el método de la amino-4-antipirina [8], esta técnica requiere la preparación de las soluciones listadas en la tabla 1:

Tabla 8. Soluciones para la determinación de fenol

Solución tampón:	
Cloruro amónico (H_4CIN) Sigma-Aldrich	1.7 g
Tartrato doble de sodio potasio ($\text{C}_4\text{H}_4\text{KNaO}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) Sigma-Aldrich	0.01 g
Se aforó a 50 mL y se ajustó el pH a 9.5 por adición de hidróxido amónico (NH_4OH) H-Trading	
Solución de amino-4-antipirina:	
Amino-4-antipirina ($\text{C}_{11}\text{H}_{13}\text{N}_3\text{O}$) Fluka	0.2 g
Se aforó en un matraz 5 mL	
Solución de ferrocianuro potásico:	
Ferrocianuro potásico ($\text{C}_6\text{FeK}_3\text{N}_6$) Sigma-Aldrich	0.1 g
Se aforó en un matraz 5 mL	

La cantidad y el orden de adición de las soluciones preparadas para cada una de las alícuotas extraídas de la solución irradiada, así como las disoluciones para obtener la curva de calibración fueron: 1 mL de solución tampón, 0.4 mL de solución de ferrocianuro potásico y 0.2 mL de solución de amino-4-antipirina, posteriormente después de 5 minutos se efectuaron las lecturas por UV-Vis ($\lambda=510$ nm).

3. RESULTADOS

La degradación de AM se presenta en la figura 1 comprobándose que los compósitos TiO_2 -hidrotalcita muestran actividad fotocatalítica.

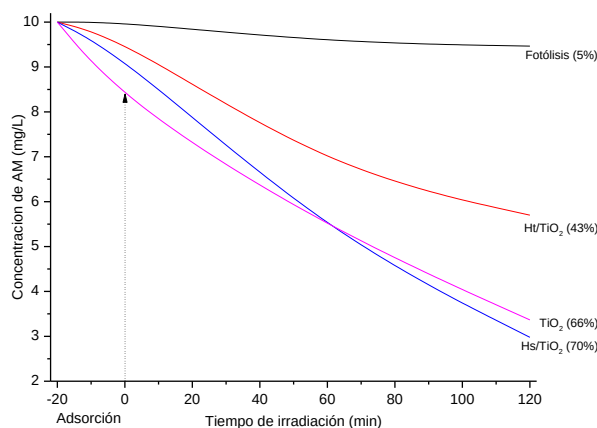


Figura 9. Fotodegradación de AM con compósitos obtenidos de TiO_2 e hidrotalcita obtenida por síntesis por precipitación (Hp/TiO_2), por síntesis por sol-gel (Hs/TiO_2) y dióxido de titanio obtenido a partir de TTIP (TiO_2)

Para el compuesto obtenido a partir de la hidrotalcita por sol-gel (Hs/TiO_2) se observa una mejor actividad fotocatalítica, llegando a degradar el 70% de AM, en comparación con el 43% obtenido con el compósito derivado de la hidrotalcita sintetizada por precipitación (Hp/TiO_2), mientras que el TiO_2 sintetizado degradó el 66% del colorante.

El incremento en la actividad fotocatalítica en Hs/TiO_2 se debe a un mejor efecto cooperativo entre ambos materiales lográndose una mejor adsorción del contaminante, aumentando el contacto con las partículas del TiO_2 , ampliando la probabilidad de que entre en contacto directo con los radicales $\text{OH}^\bullet$ y los h_{bv}^+ fotogenerados durante la irradiación [3].

Para la determinación de fenol se utilizó una curva de calibración la cual se presenta en la figura 2, se tiene un coeficiente de correlación cercano a la unidad lo que indica una relación lineal entre la concentración y la absorbancia lo que garantiza una mayor certeza en las lecturas de determinación de fenol [9].

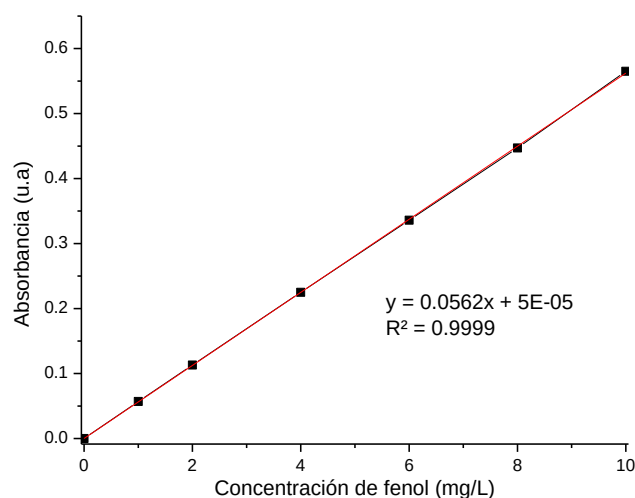


Figura 10. Curva de calibración para la determinación de fenol por espectrofotometría UV-Vis

En la figura 3 se presenta la actividad fotocatalítica de los materiales sintetizados frente a una solución de fenol, se observa que Hs/TiO₂ obtiene el mejor porcentaje de fotodegradación (17.4%), de este resultado se deduce que el efecto de sinergia entre el TiO₂ y la hidrotalcita sintetizada por sol-gel se potencia en mayor medida debido a que se logra una impregnación del TiO₂ más uniforme en la hidrotalcita, minimizándose con ello el fenómeno de apantallamiento del catalizador y aumentando la superficie expuesta durante la irradiación favoreciendo al mismo tiempo el contacto directo entre el fenol y el catalizador [10-12]. El empleo de las hidrotalcitas como material de soporte para el TiO₂ beneficia el proceso de fotodegradación ya que el carácter aniónico de la hidrotalcita favorece la adsorción de fenol y con ello aumenta el contacto directo entre el TiO₂ y el contaminante mejorando de esta forma la actividad fotocatalítica [13].

En la figura 3 se puede observar que la velocidad de degradación durante los primeros 10 minutos es más rápida debido a que el proceso de adsorción de fenol se facilita durante el inicio y va decayendo progresivamente a medida que entran en competencia con el fenol moléculas de CO₃²⁻ atmosférico reduciéndose así los sitios activos disponibles para la adsorción [12]. En el proceso de fotodegradación, el fenol y sus productos intermedios (catecol e hidroquinona principalmente) se encuentran en la superficie del catalizador pudiendo ser la causa de la declinación de la actividad fotocatalítica después de los 30 minutos de irradiación [10, 14]. La degradación de fenol con TiO₂ no impregnado en la hidrotalcita alcanza menores porcentajes (11.1%) en comparación con los materiales compuestos, mientras que la degradación sin material alcanza una mínima eliminación de fenol (3.2%).

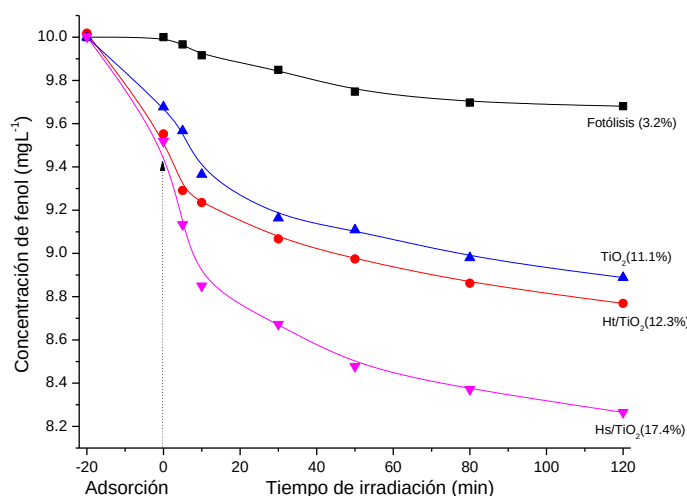


Figura 11. Fotodegradación de fenol con compósitos obtenidos de TiO_2 e hidrotalcita obtenida por síntesis por precipitación (Hp/TiO_2), por síntesis por sol-gel (Hs/TiO_2) y dióxido de titanio obtenido a partir de TTIP (TiO_2)

4. CONCLUSIONES

Es posible degradar fenol utilizando los compósitos TiO_2 -hidrotalcita encontrando una mayor actividad en el material obtenido por el método de síntesis por sol-gel ya que permite obtener materiales con buena homogeneidad y menores tamaños de cristal en las hidrotalcitas, además en ambos compósitos se da un efecto cooperativo entre el TiO_2 y la hidrotalcita, en donde por un lado se logra una buena impregnación del TiO_2 sobre la hidrotalcita y al mismo tiempo se fomenta la formación de radicales $\text{OH}^\bullet$ por la existencia de grupos hidroxilo disponibles en la estructura de la arcilla mejorando la actividad fotocatalítica del TiO_2 , además de que se promueve el contacto directo entre el catalizador y el contaminante aumentando la degradación de fenol.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ahmed, S., Rasul, M., Martens, W., Brown, R., & Hashib, M. (2010). Heterogeneous photocatalytic degradation of phenols in wastewater. *Desalination*, 261(1-2), pp. 3-18.
- [2] Dakhil, I. H. (2013). Removal of phenol from industrial wastewater using sawdust. *International Journal of engineering and science*, 3(1), pp. 25-31.
- [3] Domenech, X., Jardim, W. F., & Litter, M. I. (2001). *Procesos avanzados de oxidación para la eliminación de contaminantes*. (1 ed., Vol. 1). (C. N. Atómica, Ed.) Buenos Aires, Argentina: UAQ.
- [4] Chong, M., Vimonses, V., Lei, S., Jin, B., Chow, C., & Saint, C. (2009). Synthesis and characterization of novel titania impregnated kaolinite nano-photocatalyst. *Microporous and mesoporous materials*, 117(1), pp. 233-242.
- [5] Martínez, D. R., & Carbajal, G. G. (2012). Hidróxidos dobles laminares: arcillas sintéticas con aplicaciones en nanotecnología. *Avances en química*, 7(1), pp.87-99.
- [6] Liu G., Yan X., Chen Z., Wang X., Wang L., Qing G. (2009). Synthesis of rutile-anatase core-shell structured TiO_2 for photocatalysis. *Journal of materials chemistry*, 19(1), 6590-6596.



- [7] Contreras-Ruiz J. C. (2014) Síntesis y caracterización de hidrotalcitas impregnadas con TiO_2 para la fotodegradación de fenol. *Tesis de maestría en ciencias en Ingeniería Ambiental*. Instituto Tecnológico de Toluca. pp. 21-26.
- [8] Rodier, J. (1981). *Analisis de aguas* (1 ed.). Madrid, España: Omega.
- [9] Harris, D. C. (2003). *Quantitative chemical analysis* (1 ed.). San Francisco: W.H. Freeman.
- [10] Kish, H. (2010). On the problem of comparing rates or apparent quantum yields in heterogeneous photocatalysis. *Angewandte chemie international Edition*, 49, pp. 9588-9589.
- [11] Paredes, S. P., Valenzuela, M. A., Fetter, G., & Flores, S. O. (2011). TiO_2/MgAl layered double hydroxides mechanical mixtures as efficient photocatalyst in phenol degradation. *Journal of physics and chemistry of solids*, 72, pp. 914-91.
- [12] Valente, J., Tzompantzi, F., Prince, J., Cortez, J., & Gomez, R. (2009). Adsorption and photocatalytic degradation of phenol and 2,4 dichlorophenoxyacetic acid by Mg–Zn–Al layered double hydroxides. *Applied catalysis B: Environmental*, 90(1), pp. 330–338.
- [13] Matos, J., Laine, J., Herrmann, J. M., Uzcategui, D., & Brito, J. L. (2007). Influence of activated carbon upon titania on aqueous photocatalytic consecutive runs of phenol photodegradation. *Applied catalysis B: Environmental*, 70, pp. 461-469.
- [14] Hermann, J. M. (2010). Fundamentals and misconceptions in photocatalysis. *Journal of photochemistry and photobiology A: Chemistry*, 216(1), pp. 85-93.

[Indice](#)



Efecto de la adición de biosólidos en las propiedades bioquímicas de un suelo agrícola del Valle de Toluca

Nadia de la Portilla López, Rocío Vaca, Pedro del Aguila, Jorge Lugo.

Laboratorio de Edafología y Ambiente, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México,
Instituto Literario 100, Toluca 50 000, México Tel. (722) 2965556-162 naomenpl@hotmail.com.

RESUMEN

La adición de biosólidos a suelos se ha convertido en una manera práctica y económica de reciclar estos compuestos debido a que son fuente importante de materia orgánica y nutrimentos, que a su vez influyen en las propiedades físicas, químicas y bioquímicas del suelo. Se evaluó el efecto que tiene la incorporación de 0 (S_0), 18 (S_{18}) y 36 (S_{36}) $t\ ha^{-1}$ de biosólidos a los 15, 30 y 45 días después de su aplicación sobre la mineralización de N y C en el suelo. Así mismo se determinó el coeficiente metabólico (qCO_2) como indicador de la calidad del suelo. Los resultados obtenidos mostraron un aumento de N inorgánico total, Amonio ($N-NH_4^+$) y nitratos y nitritos ($NO_3^-+NO_2^-$) en S_{36} , seguida de S_{18} y por último S_0 . En cuanto al tiempo, el valor más alto de N inorgánico total, NH_4^+ y $NO_3^-+NO_2^-$ para S_{18} y S_0 se presentó a los 45 días, mientras que en S_{36} fue a los 15 días; el C-Biomasa microbiana (CBM) incrementó significativamente a los 15 días y la respiración basal (RB) a los 30 días ($p<0.05$). El CBM, RB y qCO_2 aumentaron a mayor dosis de biosólido adicionado ($S_{36} > S_{18} > S_0$); por lo que de acuerdo al qCO_2 , la adición de biosólido produce estrés en el suelo a corto plazo.

Palabras Clave: Biosólido, Carbono de la Biomasa Microbiana (CBM), Mineralización del N, Respiración Basal (RB).

1. INTRODUCCIÓN

Los procesos de industrialización y urbanización conducen a mayor producción de aguas residuales, las cuales después de un proceso de tratamiento generan cantidades de sólidos orgánicos e inorgánicos suspendidos, llamados lodos residuales o biosólidos. Uno de los principales problemas asociados al tratamiento de aguas residuales está en el destino final de estos biosólidos generados [8], [11].

Actualmente los biosólidos se depositan en vertederos, pero se ha demostrado que esta opción es inadecuada como resultado de los crecientes volúmenes que se generan. Esto ha llevado a la búsqueda urgente de alternativas para depositar y reutilizarlos, y su aplicación al suelo se ha convertido en una práctica aceptada [11].

El uso de biosólidos como fuente de materia orgánica mejora las propiedades físicas y químicas del suelo en cuanto a incrementos en los niveles de materia orgánica y nutrimentos, disminución de la densidad aparente, mayor formación y estabilidad de agregados, mejor retención de agua, aumento de la humedad, incremento en el tamaño de poros, aumento en la conductividad eléctrica (CE), disminución en pH entre otros.

Por otra parte las propiedades bioquímicas han sido ampliamente utilizadas como indicadores de la calidad del suelo debido a su papel esencial en la biología de éste, la facilidad de medirse; y la sensibilidad a los cambios ambientales externos en comparación con la mayoría de las propiedades físicas y químicas ya que éstas son alteradas cuando el suelo es sometido a un cambio realmente drástico [3].

Los parámetros bioquímicos generales más comúnmente utilizados para estimar los cambios en la calidad del suelo incluyen el carbono asociado con la biomasa microbiana (CBM), la emisión de CO_2 (comúnmente conocida como respiración basal) y la determinación de algún indicador como qCO_2 [3].



En este trabajo se evaluó el efecto que tiene la incorporación de 0 (S_0), 18 (S_{18}) y 36 (S_{36}) $t\ ha^{-1}$ de biosólidos a los 15, 30 y 45 días después de su aplicación sobre la mineralización de N y C en el suelo. Así mismo se determinó el coeficiente metabólico (qCO_2) como indicador de la calidad del suelo.

2. METODOLOGÍA

2.1 Descripción del sitio de muestreo

La toma de muestras se llevó a cabo en una zona agrícola del municipio de Xonacatlán, Estado de México, ($19^{\circ} 24'$ latitud N, $99^{\circ}31'$ longitud W y 2,500 msnm), en un Feozem, suelo importante del centro de México. Presenta un clima templado subhúmedo con lluvias en verano. En cuanto a la geología presenta un tipo de roca ígnea extrusiva; andesita y volcánica; el uso de suelo se divide en agricultura y zona urbana. La vegetación presenta un bosque de pino-encino y pastizal [2].

2.2 Muestreo de suelo y lodo residual

Se colectaron muestras compuestas de suelo del horizonte Ap (0-20 cm) con pala aplicando un muestreo sistemático. El biosólido se obtuvo del filtro prensa de la planta de tratamiento de aguas residuales municipales Toluca Norte, perteneciente a Operadora de Ecosistemas S.A. de C.V. Las muestras de suelo y lodo residual se pusieron a secar a temperatura ambiente, se homogenizaron, molieron y pasaron por un tamiz de 2mm, posteriormente se llevó a cabo su caracterización mediante análisis físicos y químicos.

2.3 Diseño experimental

Se prepararon mezclas de 800g de suelo con lodo residual en dosis de, Suelo (S_0) ($0\ t\ ha^{-1}$); Suelo-Lodo baja (S_{18}) ($18\ t\ ha^{-1}$) y, Suelo-Lodo alta (S_{36}) ($36\ t\ ha^{-1}$) y se colocaron en una incubadora a $25^{\circ}C$. Finalmente de cada tratamiento se tomaron muestras a los 15, 30 y 45 días (tiempo de incubación) después de la aplicación de lodo residual para posteriormente realizar los análisis bioquímicos por triplicado en cada una de las dosis y días posteriores a la aplicación del lodo residual.

2.4 Análisis de laboratorio

2.4.1 Propiedades bioquímicas del suelo

Se midió nitrógeno total por digestión en el aparato Kjeldahl, método AS-25 [10], nitrógeno inorgánico mediante extracción con KCl 2N, método AS-08 [12], carbono de la biomasa microbiana por el método de fumigación-extracción [13] respiración por el método de Nannipieri [9].

2.5 Análisis estadísticos

Se realizó una MANOVA y prueba de Tukey para detectar y comparar si existían diferencias significativas en las propiedades bioquímicas en función de las dosis de lodo residual y tiempos de incubación empleados, así mismo para conocer si existía una interacción entre estos dos últimos. Posteriormente si se encontraban diferencias significativas en interacción se realizó un ANOVA y prueba de Tukey para conocer la mejor combinación (mejor interacción tiempo x tratamiento), para todo ello se utilizó un nivel de confianza del 95% y se realizó en el paquete estadístico Statgraphics plus 5.0.



3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Mineralización de N

El N inorgánico total, N-NH_4^+ y $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en tratamiento y tiempo, debido a que los valores más elevados se tuvieron en la dosis alta (S_{36}) seguida en menor proporción de la dosis baja (S_{18}) y finalmente suelo (S_0), en cuanto a los días, el tiempo de incubación 45 fue el que presentó los valores más altos de N inorgánico total, N-NH_4^+ y $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ seguido en menor proporción de 30 y 15 días en los tratamientos S_0 y S_{18} , mientras que en S_{36} los 15 días presentaron el mayor aumento de N inorgánico total, N-NH_4^+ y $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ seguidos de los tiempos 45 y 30 (Tabla 1).

Lo anterior demuestra que los biosólidos se encuentran directamente relacionados a la tasa y contenido de N presente en ellos. El contenido de N tiende a disminuir con el tiempo de incubación, particularmente en las dos primeras semanas, esto podría ser atribuido a pérdidas gaseosas de N debido a la volatilización de amoníaco o a los procesos de desnitrificación [5].

También se ha observado que la MO produce bioactividad, es decir, reacciones asociadas con la disponibilidad de nutrientes y todo el proceso activo entre los componentes del suelo ya que la rápida descomposición de la MO causa que elementos como el N sean fácilmente disponibles [13].

Asimismo el N inorgánico total, N-NH_4^+ y $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ presentaron una interacción ($p < 0.05$) en tratamiento x tiempo la cual recomienda a S_{36} después de 15 y 45 días de incubación para que se lleve a cabo la mineralización del N gracias a los valores elevados que se presentaron.

En cuanto al N inorgánico total y N-NH_4^+ en S_0 después de 15 días de incubación y para el caso de $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ en S_{36} después de 30 días de incubación, son las dosis y tiempos de incubación menos recomendables para la mineralización del N debido a los valores inferiores que presentan.

3.2 Carbono Biomasa Microbiana y Respiración Basal

El carbono de la biomasa microbiana presentó únicamente diferencias significativas ($p < 0.05$) en cuanto al tiempo (15, 30 y 45 días de incubación), debido a que en los días de incubación 15 y 45 se observó un incremento en comparación con el tiempo 30 donde se tuvo una disminución, en los tres tratamientos (S_{36} , S_{18} y S_0).

Como se observa a los 15 y 45 días de incubación presentaron el mayor aumento de CBM debido a que tuvieron los promedios más elevados (839.1 y 567.7 respectivamente), esto se podría deber al crecimiento de la microbiota autóctona y a los microorganismos contenidos en el biosólido y también a que se haya presentado una alta concentración de C orgánico fácilmente biodegradable el cual genera el crecimiento en la población microbiana del suelo [12].

Tabla1 Mineralización de Nitrógeno en S_0 , S_{18} y S_{36} después de 15, 30 y 45 días de incubación.

Tratamiento (t ha ⁻¹)	Tiempo (Días)	N Inor Total (µg N g ⁻¹)	N-NH ₄ ⁺ (µg N g ⁻¹)	NO ₃ ⁻ +NO ₂ ⁻ (µg N g ⁻¹)
S (0 t ha ⁻¹)	15	27.8±2.7 ^F	18.5 ±5.4 ^E	9.3±4.7 ^{CD}
	30	58.9±2.7 ^E	49.9±0 ^D	9.0±2.7 ^{CD}
	45	64.6±2.7 ^{DE}	55.2 ±4.6 ^{CD}	9.4±2.7 ^{CD}
S-Lb (18 t ha ⁻¹)	15	68.7±1.7 ^D	61.6 ±2.8 ^C	7.2±4.6 ^D
	30	69.3±2.7 ^D	55.7±5.4 ^{CD}	13.6±7.1 ^{BCD}
	45	115.6±2.7 ^B	95.5±2.7 ^B	20.2±5.3 ^{ABC}
S-La (36 t ha ⁻¹)	15	144.7±2.7 ^A	116.7±5.4 ^A	28.0±4.7 ^A
	30	89.6 ±0 ^C	85.2±2.7 ^B	4.3±2.7 ^D
	45	140.1 ±5.3 ^A	113.8±2.7 ^A	26.3 ±4.6 ^{AB}

Promedio ± Desviación Estándar; letras diferentes denotan diferencias significativas en interacción tratamiento x tiempo ($p<0.05$) en S_0 , S_{18} y S_{36} después de 15, 30 y 45 días de incubación.

El aumento inicial de CBM después de la aplicación de MO está relacionada con la entrada de carbono fácilmente disponible al suelo y el nuevo CBM que se está formando en los biosólidos adicionados. Estos, estimulan la microbiota autóctona del suelo debido a la mayor disponibilidad de fuentes de energía [4].

En cuanto a la disminución de CBM a los 30 días (438.1), esto probablemente ocurrió por la presencia de sustancias que inhiben la actividad microbiana en el lodo, otro de los factores que pudo haber influido es que posiblemente haya ocurrido una intensa mineralización en este periodo de incubación o bien una reducción en el espacio poroso ya que los organismos que se encuentran presentes en el suelo necesitan ventilación adecuada para aumentar su metabolismo y así finalmente producir CO₂ [6], [13].

Se ha encontrado que el aumento de la Biomasa Microbiana depende de la tasa de aplicación de los lodos residuales y de la proporción de MO presente en estos compuestos orgánicos [6].

En lo que se refiere a respiración basal, se encontraron diferencias significativas ($p<0.05$) en cuanto al tiempo (15, 30, 45 días de incubación) y tratamiento (0, 18 y 36 t ha⁻¹), ya que en cuanto a tratamiento S-36 mostró valores significativamente más altos en la producción de µg/g CO₂ que S_{18} y S_0 . En cuanto a tiempo se observó que los 30 días de incubación presentaron el valor más alto de µg/g CO₂ seguidos en menor cantidad de 45 y 15 días de incubación en los tres tratamientos.

Se ha encontrado que la respiración del suelo incrementa en relación directa con la dosis de lodo residual aplicada, esto se puede deber a la incorporación de nutrientes y MO fácilmente biodegradable que estimulan la actividad microbiana del suelo lo que acelera la tasa de mineralización del C, como resultado

de la presencia de compuestos lábiles en los lodos residuales, además de la adición de microorganismos exógenos que proporcionan nutrientes y sustratos orgánicos que estimulan a la microbiota de los suelos, lo que indica que habrá una mayor actividad microbiana que puede ser evaluada mediante la producción de CO₂ [1], [7], [12].

Probablemente a los 30 días de incubación se presentó el aumento de CO₂, debido a que en ese tiempo la mineralización fue más rápida y hubo un mayor estrés por parte de los microorganismos lo que se manifestó en una alta producción de CO₂.



La respiración fue otro de los parámetros bioquímicos que presentó una interacción ($p < 0.05$) en tratamiento x tiempo donde se tuvo a S_{36} después de 30 días de incubación como la dosis ideal y a S_0 después de 15 días de incubación como dosis no preferible para que se lleve a cabo la mineralización del C.

Los mayores valores de qCO_2 se presentaron a los 30 días en lo general, y fueron descendiendo en todos los tratamientos conforme llegaron a los 45 días, por otro lado, se observa que los valores son muy parecidos entre los tratamientos a los 15 días.

Tabla 2. Propiedades Bioquímicas en S_0 , S_{18} y S_{36} después de 15, 30 y 45 días de incubación.

Tratamiento (t ha ⁻¹)	Tiempo (Días)	Carbono de la Biomasa Microbiana ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Respiración Basal ($\mu\text{g/g CO}_2$)	qCO_2 ($\mu\text{g/}$)
S (0 t ha ⁻¹)	15	684.4 $\pm$ 23.7	1413 $\pm$ 5 ^D	1.38
	30	393.6 $\pm$ 37.1	2512 $\pm$ 14 ^C	4.27
	45	451.9 $\pm$ 27.4	2491 $\pm$ 14 ^C	3.69
S-Lb (18 t ha ⁻¹)	15	795.1 $\pm$ 26.5	1666 $\pm$ 7 ^D	1.4
	30	459.7 $\pm$ 27.9	2966 $\pm$ 14 ^B	4.31
	45	602.5 $\pm$ 28.4	2948 $\pm$ 12 ^B	3.27
S-La (36 t ha ⁻¹)	15	1040.4 $\pm$ 47.7	2536 $\pm$ 10 ^C	1.63
	30	460.9 $\pm$ 9.3	3623 $\pm$ 18 ^A	5.26
	45	648.8 $\pm$ 0	3164 $\pm$ 18 ^B	3.26

Promedio $\pm$ Desviación Estándar; letras diferentes denotan diferencias significativas en interacción tratamiento x tiempo ($p < 0.05$) en S_0 , S_{18} y S_{36} después de 15, 30 y 45 días de incubación.

CONCLUSIONES

La dosis de lodo residual aplicada y el tiempo de incubación si influyen en la mineralización del N, por lo que se recomienda a la dosis S_{36} después de 15 días de ya que se presentó la cantidad más alta de Nitrógeno inorgánico total, $N-NH_4^+$ y $NO_3^-+NO_2^-$.

El Carbono de la Biomasa Microbiana presenta respuestas ante el efecto de los días de incubación pero no por efecto de la dosis de lodo residual aplicada, observándose que a los 15 días de incubación se incrementó la población microbiana.

La respiración incrementó en cuanto a la dosis de lodo residual aplicada y el tiempo de incubación, de manera que se propone a S_{36} después de 30 días de incubación para que se lleve a cabo la mineralización del C debido a que en este tiempo y dosis de lodo residual se presentó la mayor producción de CO_2 .

El qCO_2 presentó el valor más elevado en donde hubo la mayor mineralización de C (S_{36} a los 30 días de incubación), lo que significa un incremento en la actividad microbiana gracias a la eficiencia metabólica de la fauna edáfica presente en el suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Antolín, M, Pascual, I, García, C, Polo, A. and Sánchez, M. 2005. Growth, yield and solute content of barley in soils treated with sewage sludge under semiarid Mediterranean conditions. *Field Crops Research*. Vol. 94. 224–237.



- [2] CETENAL. Carta Edafológica (Esc. 1:50,000. México, Hoja Toluca E14 A 38). 1976.
- [3] Chaer G, Myrold, D and Bottomley, P. 2009. A soil quality index based on the equilibrium between soil organic matter and biochemical properties of undisturbed coniferous forest soils of the Pacific Northwest. *Soil Biology & Biochemistry*. Vol. 41. 822–830
- [4] Fernández, J, Plaza, C, García, J and Polo, A. 2009. Biochemical properties and barley yield in a semiarid Mediterranean soil amended with two kinds of sewage sludge. *Applied Soil Ecology*. Vol. 42. 18–24.
- [5] Hernández, T, Moral, R, Perez, A, Moreno, J Perez, D. and García, C. 2002. Nitrogen mineralisation potential in calcareous soils amended with sewage sludge. *Bioresource Technology*. Vol. 83. 213–219.
- [6] Jiménez, P, Ortiz, O, Tarrasón, D; Ginovart, M and Bonmati, M. 2007. Effect of differently post-treated dewatered sewage sludge on β -glucosidase activity, microbial biomass carbon, basal respiration and carbohydrates contents of soils from limestone quarries. *Biology and Fertility of Soils*. Vol. 44. 393–398.
- [8] Manh, N, Quang Ha, P, Cong Vinh, N, Petter Gustafsson, J and Öborn, I. 2008. Effects of biosolids application on soil chemical properties in peri-urban agricultural systems. *Journal of Science, Earth Sciences*. Vol. 24. 202-212.
- [9] Nannipieri, P. y Kassem, A. 1995. Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press. EUA.
- [10] Norma Oficial Mexicana. NOM-021-RECNAT-2001. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- [11] Sepúlveda, A, Inostroza, C. and Montoya, F. 2011. Effects of the incorporation of biosolids on soil quality: temporal evolution in a degraded inceptisol (typic endoaquepts). *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. Vol. 11(3). 33-44.
- [12] Tarrasón, D, Ojeda, G, Ortiz, O and Alcañiz, M. 2010. Effects of Different Types of Sludge on Soil Microbial Properties: A Field Experiment on Degraded Mediterranean Soils. *Pedosphere*. Vol. 20(6). 681–691.
- [13] Vance, E. D., Brookes, P.C., Jenkinson, D.S., 1987. An Extraction Method for Measuring Soil Microbial Biomass C. *Soil Biology Biochemistry* 19: 703-707.

[Indice](#)



Manejo de Residuos Orgánicos producidos en el Faenado de Porcinos y Reces Provenientes del Rastro Municipal de San Mateo Atenco, Estado de México

¹Guillermina Gómez Beltrán, ¹Flores Gómez Brenda Karina, ¹García Espinoza Daniel, ¹Hernández Linares Cesar Abel, ¹Rodríguez Albarrán Ana Karen, ¹Ruiz Díaz Brenda Estefanía.

¹Universidad Tecnológica del Valle de Toluca, Carretera del Departamento del D.F.
km 7.5, Santa María Atarasquillo, Lerma, México. C.P. 52044. Tel. 7282859552 ext.222. brenda_flores@hotmail.com

RESUMEN

Cada municipio en el país cuenta con su respectivo matadero, establecimientos que en su mayoría presentan deficiencia en su infraestructura y dotación de equipos. En el proceso de faenamiento, que inicia con la recepción de las especies hasta el despacho de los canales, se producen grandes cantidades de residuos de diferente naturaleza que ocasionan graves problemas de contaminación. El objetivo del presente trabajo fue identificar el tipo de residuos generados en el rastro municipal de San Mateo Atenco, México durante el proceso de faenado de porcinos y reces así como reconocer las áreas donde se producen. Para ello, se realizaron recorridos de campo por cada una de las áreas que conforman las instalaciones del rastro. Los residuos identificados fueron: estiércol, sangre, rumen, sólidos y grasa, merma y orina estimándose en 243 toneladas su generación mensual. Las principales problemáticas fueron en los procesos de almacenamiento temporal de residuos sólidos y su transporte interno, el cual se realiza en una carreta de vagón abierto provocando la proliferación de moscas y la generación de malos olores. También se identificó el pozo de almacenamiento de aguas residuales como un foco de contaminación ya que una vez lleno, las aguas sin tratar se vierten al río Lerma. Finalmente, el incinerador es de tipo abierto, siendo utilizado no solo para los residuos del rastro sino también para los residuos urbanos generados por el personal. Como conclusión, actualmente existen tecnologías disponibles para el tratamiento eficiente de estos residuos, que aplicada, coadyuvarían en su manejo adecuado y en la disminución del impacto sobre el ambiente.

Palabras Clave: *Fauna nociva, Mataderos, Materia orgánica*

1. INTRODUCCIÓN

El creciente interés y el aumento de la preocupación de la sociedad actual por la preservación del ambiente, determina que las organizaciones independientemente de su naturaleza deban estar vigilantes a que sus actividades se realicen en armonía con el ambiente, de manera que las consecuencias que puedan representar los procesos y productos relacionados a ellas sean cada vez menores y puedan ser subsanadas en el tiempo.

Es de conocimiento público que cada municipio en el país cuenta con su respectivo matadero, establecimientos que en su mayoría poseen una deficiente infraestructura y con niveles bajos en dotación de equipos, por lo que generan una serie de problemas de contaminación ambientales que deterioran las áreas circundantes y tienen impactos acumulativos sobre las poblaciones aledañas. Estos residuos se producen principalmente durante el proceso de faenamiento que es la etapa posterior al sacrificio de los animales para abasto y según la especie, involucra la eliminación de la cabeza, patas, piel, cerdas, plumas y vísceras así como la limpieza de la canal, vísceras y cabeza [1], al final del proceso se obtiene carne para el consumo humano. En materia de residuos sólidos, es importante mencionar que, dependiendo del animal, aproximadamente de un 20 a un 50% del peso de éste, no es apto para el consumo humano y se desecha como residuos de manejo especial los cuales se descomponen con mucha rapidez. En relación con las emisiones a la atmósfera, éstas son esencialmente provocadas por malos olores generados en los procesos y en el almacenamiento de desechos y, en algunos casos, por gases de incineradores y calderas [2].

Los Residuos de Manejo Especial pueden recuperarse, ya sea como materia prima por ejemplo para aprovechamiento energético, sin embargo en la actualidad sólo un pequeño porcentaje de los mismos se recupera y aprovecha, el resto

se envía a los sitios de disposición final, reduciendo la vida útil de los mismos y aumentando la necesidad de abrir nuevos sitios [3].

2. METODOLOGÍA

Se realizó una visita de campo en la zona de estudio para la identificación de los impactos al ambiente en el lugar, incidiendo sobre todo en aquellas actividades donde se generan residuos: contenedores móviles para el traslado de residuos, proceso de desollamiento de animales e incinerador. Los resultados se compararon con las especificaciones dadas en la NOM-194-SSA1-2004 [1], que especifica las condiciones sanitarias en los establecimientos dedicados al sacrificio y faenado de animales para abasto, almacenamiento, transporte y expendio.

Se realizó también la contabilización mensual en kg de estiércol, sangre, rumen, sólidos y grasas, merma, orina y otros residuos provenientes del sacrificio de ganado vacuno y porcino. Finalmente, se realizaron pruebas pilotos para el compostaje y aplicación del compost en cultivos de frijol.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el recorrido por las instalaciones se observaron deficiencias importantes en el manejo de residuos. En el lugar se utiliza como contenedor una carreta tipo vagón descubierto ubicado en zonas al aire libre, que al mismo tiempo funciona como transporte para los residuos. Los impactos al ambiente son principalmente la emisión de gases producto de la descomposición de los residuos que generan olores molestos a la población que vive en las colindancias del matadero. Es también importante la presencia de moscas que potencialmente, son vectores de enfermedades principalmente en los trabajadores, consumidores y habitantes cercanos al área como se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Contenedor móvil tipo vagón donde son depositados los residuos orgánicos de las faenas de ganado vacuno y porcino

Por otro lado, el área de desangrado, de acuerdo a la NOM-194-SSA1-2004, debe contar con instalaciones para el izado del animal y ser lo suficientemente amplias para facilitar las acciones del personal y el desangrado de los animales y que además, la eliminación de sangre debe estar separada del drenaje general.



Figura 2. Proceso de desollamiento de ganado vacuno posición en vertical para el desangrado y escurrimiento de grasas.

Sin embargo, a pesar de que el matadero cuenta con un pozo para la retención de los residuos líquidos, éstas no son tratadas y se descargan directamente en canales que conectan con el Río Lerma con una gran carga orgánica, sobre todo de sangre y de grasas. Es importante mencionar que este río es la principal corriente superficial de la cuenca Lerma-Chapala-Santiago, y que desde sus orígenes, recibe este tipo de descargas, contaminándolo de manera evidente (Figura 2).

Al continuar con el recorrido a lo largo de las instalaciones, se pudo apreciar que el incinerador del lugar estaba en muy malas condiciones físicas y de operación. Aunque es una cámara exclusiva para la incineración de los residuos provenientes del faenado de los animales, los trabajadores lo la utilizan para quemar residuos de tipo domiciliario lo cual produce mayor contaminación en el lugar, ya que se introducen residuos plásticos que generan una gran cantidad de humos que posiblemente contienen sustancias tóxicas como furanos y dioxinas, agravándose la situación por ser éste un incinerador abierto. Las cenizas son dispuestas como residuos urbanos (figura 3).

Cabe mencionar que el municipio de San Mateo Atenco no cuenta con un relleno sanitario y todos los residuos, incluyendo los originados por el matadero, deben ser dispuestos en rellenos ubicados en otros municipios, lo que encarece la gestión de los mismos y deriva en las malas prácticas, ya que en este municipio se ubican varios tiraderos a cielo abierto, cercanos a los núcleos de población.



Figura 3. Incinerador del rastro destinado a la quema de residuos cárnicos y que también es utilizado para otro tipo de residuos

Como una forma de eliminación de los residuos del lugar se propuso en un inicio la elaboración de una composta, sin embargo, este proceso está aún en la fase de desarrollo. De forma inicial, se obtuvo una composta que fue aplicada de manera experimental a un proceso de germinación y crecimiento de plántulas de frijol con el fin de evidenciar el efecto de dicho compost. Aunque los resultados obtenidos no son concluyentes, es evidente su efecto en el crecimiento de las plántulas (Figura 4).



Figura 4. Comparación de semillas de frijol con y sin compost

Los resultados de la generación mensual de residuos provenientes solo del sacrificio del ganado vacuno y porcino se muestran en la Tabla 1. De las 243 toneladas producidas, 225 son susceptibles de ser tratadas y aprovechadas para la elaboración de composta. El municipio de San Mateo Atenco cuenta con áreas importantes dedicadas a la agricultura



donde es posible utilizar la composta para incrementar la productividad de los cultivos y disminuir el empleo de fertilizantes.

Tabla 1. Generación mensual de residuos en el matadero municipal de San Mateo Atenco en Kg (Septiembre- octubre del 2013).

Residuos	Vacuno	Porcino	Total
Estiércol	15914.0	6314.0	22228.0
Sangre	64223.5	8208.0	72431.5
Rumen y otros	93016.2	0.0	93016.2
Sólidos y Grasa	0.0	3157.0	3157.0
Merma	33632.9	0.0	33632.9
Orina	13262.0	5262.0	18524.0
Totales	220048.6	22941.0	242989.6

4. CONCLUSIONES

Se requieren acciones correctivas en los procesos de traslado, sangrado e incinerado de los residuos generados en el matadero del municipio de San Mateo Atenco, que propicien un adecuado control de los impactos que actualmente están originando y que deterioran el medio circundante. El composteo es una alternativa que posibilitaría al municipio reducir dramáticamente la cantidad de residuos destinados a un relleno sanitario y consecuentemente, el costo de la disposición de los residuos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana. NOM-194-SSA1-2004. Productos y servicios. Especificaciones sanitarias en los establecimientos dedicados al sacrificio y faenado de animales para abasto, almacenamiento, transporte y expendio. Especificaciones sanitarias de productos. México. Diario Oficial de la Federación 18 de septiembre del 2004.
- [2] Pineda Martínez., S. I. *Manejo y disposición de los residuos sólidos urbanos*. Primera edición. 1998. ACODAL. Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Colombia. pp. 64
- [3] Instituto Nacional de Ecología. *Estaciones de Transferencia de Residuos Sólidos en áreas urbanas*. 1996. SEMARNAT-INE. México. pp. 17

[Índice](#)



Determinación de Metales en las descargas de la Laguna de Chimaliapan en San Pedro Tultepec, Lerma, Estado de México

Isaac Said Granados Solano¹, María del Carmen Carreño de León¹, Graciela Zarazúa Ortega², María del Consuelo Hernández Berriel¹, Isaías De la Rosa Gómez¹.

¹Departamento de Ingeniería Química y División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Toluca, Avenida Tecnológico s/n Col. Fraccionamiento La Virgen C.P. 52149, Tel 01(722) 2087218. kardlegna@hotmail.com.

² Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Departamento de Tecnología Nuclear.

RESUMEN

La Laguna de Chimaliapan en San Pedro Tultepec, en el Estado de México, anteriormente era uno de los tres cuerpos de agua que abastecían al Río Lerma, en la actualidad todavía existe vida acuática al centro de la Laguna, debido a que en las orillas recibe descargas de aguas municipales que la contaminan. El objetivo del presente trabajo fue estudiar los parámetros fisicoquímicos en agua de acuerdo a la NOM-001-SEMARNAT-1996 y metales pesados en sedimento, en cuatro descargas principales que recibe la laguna. Además se determinaron Demanda Química de Oxígeno (DQO), conductividad, Oxígeno Disuelto (OD) y la relación DBO/DQO.

Los metales pesados se analizaron por fluorescencia de rayos X, para el caso de los sedimentos los metales analizados fueron: Ti, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Pb; en el agua de las descargas se analizaron: Mn, Fe, Cu, Zn, Br, Rb, Sr. El metal que tuvo mayor concentración fue el Ti en sedimentos con valores de: 5415 mg/kg, 3692 mg/kg, 3729 mg/kg, 3151 mg/kg desde la descarga 1 a la 4 respectivamente; posiblemente debido al uso de pintura para la elaboración de muebles en San Pedro Tultepec.

En la mayoría de los parámetros fisicoquímicos analizados, los resultados indicaron que estos se encuentran por encima de los LMP indicados en la NOM-001-SEMARNAT-1996, sobre todo en grasas y aceites.

Palabras clave: Descargas, Laguna Chimaliapan, Laguna de San Pedro, sedimentos, metales.

1. INTRODUCCIÓN

Las Ciénegas de Lerma conocidas como la Cuenca del Alto Lerma, es uno de los humedales más extensos del centro de México. Los humedales naturales, son zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas.

La importancia de los humedales en nuestro país radica en la amplia extensión de éstos, los cuales cubren una superficie de más de 5 millones de hectáreas, lo que ha logrado que México forme parte de la Convención Relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas (Ramsar) desde 1986[1].

En cuanto a biodiversidad, las características físicas hacen de la Laguna una zona con alta diversidad terrestre y acuática, además de decenas de especies endémicas y en peligro de extinción. Se estima que la riqueza florística está dada por asociaciones de vegetación acuática, plantas flotantes, arraigas y no arraigadas. La fauna se encuentra representada principalmente por vertebrados, se han reportado hasta 40 mamíferos, principalmente roedores, 3 especies de peces, 4



reptiles, 2 anfibios y la fauna más abundante está representada por el grupo de aves con un registro de 160 especies residentes y migratorias[2].

La cacería de aves es una actividad desmedida, muchas personas llegan a la laguna y cazan a las aves solo por recreación y no por conseguir una fuente de alimento. Los días domingos es cuando se realiza y complica el acceso a la laguna para los visitantes. La cacería afecta en medida a las especies de aves en la laguna, teniendo en cuenta que muchas de estas son aves migratorias que llegan a la laguna para reproducirse.

La Laguna de San Pedro Tultepec, es uno de los tres cuerpos de agua que conforman las Ciénegas de Lerma y actualmente presenta problemas de contaminación causada por la descarga de aguas residuales de origen doméstico-municipal, provenientes de los poblados aledaños.

2. METODOLOGÍA

2.1 Ubicación del área de estudio

La Laguna de San Pedro Tultepec o laguna de Chimaliapan actualmente abarca una extensión localizada entre las coordenadas (Norte, Oeste) $19^{\circ}14'8''$, $-99^{\circ}29'54''$ y con una superficie de 2081 hectáreas, ocupando parte de los municipios de Capulhuac, Santiago Tianguistenco, San Mateo Atenco, Metepec, Lerma, Ocoyoacac y Mexicaltzingo [1].

La ubicación de los sitios de descarga que entran a la laguna de Chimaliapan se realizó mediante la visita *in situ*, con la finalidad de identificar los puntos, tomando las coordenadas geográficas con ayuda del GPS y se encontró que en contacto directo con la laguna se presentan 4 descargas importantes.

2.2 Muestreo

El muestreo de agua y sedimentos se realizó en cada sitio de las cuatro descargas principales que recibe la laguna, las muestras de agua se preservaron como se indicaba en la normatividad aplicable para cada parámetro. Para los sedimentos se tomó muestra en el centro de la descarga a menos de 10 cm de profundidad, se tomaron muestras aproximadamente de 5 kg, cada una fue colocada en bolsas de polietileno y transportadas a 4°C al laboratorio para su procesamiento [3]. El muestreo se realizó en marzo de 2014.

2.3 Análisis de muestras

Los análisis *in situ* fueron: temperatura, pH y conductividad, con el equipo de medición Schott Instruments handylab LFII. Las muestras de agua fueron analizadas según la norma Mexicana que aplica a cada parámetro con porcentajes de recuperación entre el 80 y 120%, se realizaron todos los parámetros básicos indicados en la NOM-001-SEMARNAT-1996 [4] y las muestras se procesaron en el Laboratorio de Investigación en Ingeniería Ambiental del Instituto Tecnológico de Toluca. Las muestras de agua y sedimento para la determinación de metales por fluorescencia de rayos X, se analizaron en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, para el caso de los sedimentos los metales analizados fueron: Ti, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Pb; en el agua de las descargas se determinaron: Mn, Fe, Cu, Zn, Br, Rb, Sr.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos que indica la NOM-001-SEMARNAT-1996 [4], para el análisis de agua de la Laguna de Chimaliapan, se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos en agua de las descargas de la Laguna de Chimaliapan

Parámetro	D 1	D2	D3	D4
Temperatura [°C]	14.20	19.10	17.30	16.10
Gasas y Aceites [mg/L]	27.22	973.70	239.94	3263.54
Materia Flotante	Presente	Presente	Presente	Presente
Sólidos Suspendidos Totales [mg/L]	98.00	390.00	590.91	1537.5
Sólidos Sedimentables [mL/L]	0.25	4.70	15.00	38.00
DBO ₅ [mg/L]	40.17	120.67	152.92	27.96
Nitrógeno Total [mg/L]	41.05	108.66	50.71	27.77
Fósforo Total [mg/L]	21.94	36.82	43.86	35.47
Conductividad [μS/cm]	902.00	1165.00	1393.00	939.00
DQO [mg/L]	82.92	287.80	346.34	141.46
OD [mg/L]	0.00	0.00	0.00	0.00
pH	7.63	8.03	8.36	7.06

Los parámetros se compararon de acuerdo a la NOM-001-SEMARNAT-1996 [4]; el valor de la temperatura en las 4 descargas no excede el límite máximo permisible (LMP) de 40°C. Para grasas y aceites, el valor máximo fue en D4, sin embargo en este parámetro, todas las descargas rebasan el LMP de 25 mg/L.

En cuanto a materia flotante, todas las descargas la presentaron, sin embargo la D4 se caracterizó por su abundancia y porque el agua parecía no moverse. Para sólidos sedimentables, sólo D1 se encuentra debajo de lo que marca el LMP de 2 mL/L.

Para sólidos suspendidos totales, todas las descargas rebasan el LMP de 60 mg/L. Para DBO₅ solo D1 y D4 son inferiores al LMP de 60 mg/L. Para nitrógeno total todas las descargas rebasan el LMP de 25 mg/L. Para fósforo total también todas las descargas rebasan el LMP de 10 mg/L.

La SEMARNAT en [5] presentó un criterio de calidad del agua en función de la DQO. En base a este criterio de calidad, D1 y D4 presentan valores que están dentro del rango de 40 mg/L <DQO ≤ 200 mg/L, lo que indica que se trata de aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal. Y para el caso de D2 y D3 los valores se encuentran dentro del rango de DQO > 200 mg/L, indicando que se trata de aguas superficiales con fuerte impacto de descargas residuales crudas municipales y no municipales. Los valores de pH de todas las descargas se encuentran dentro del límite establecido en la NOM-001-SEMARNAT-1996 [4], entre 5 y 10 unidades.



Alberro *et al.*, en [6] propuso un criterio de calidad del agua en función del OD, en base a esta propuesta D1, D2, D3 y D4 tienen una mala calidad, por lo que algunas poblaciones de peces macro invertebrados comenzarán a morir por la escasez de oxígeno. También se obtuvo la relación DBO/DQO para las descargas analizadas, que se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Relación DBO/DQO para las descargas de la Laguna de Chimaliapan

Descarga	Relación DBO/DQO
D1	0.71
D2	0.62
D3	0.65
D4	0.29

Los valores menores a 0.6 indican que la descarga proviene de una fuente industrial, valores mayores indican que la fuente es de origen doméstico [7], por lo que la D4 es la que se considera de origen industrial, para las otras se considera de origen doméstico.

En la Tabla 3 se presentan los promedios de los análisis de metales en sedimentos, que se realizaron a cada una de las descargas de la Laguna Chimaliapan. El metal con mayor concentración encontrada fue el Titanio, presente desde D1 a D4; este metal en polvo es utilizado comúnmente como un pigmento blanco intenso para darle brillo a productos cotidianos como la pintura, el papel, los plásticos, los alimentos, las medicinas, la cerámica, los cosméticos e incluso, las pastas de dientes, su alto contenido en las descargas puede deberse al uso de pinturas ya que la comunidad de San Pedro Tultepec se ha dedicado a la fabricación de muebles, usando el color blanco en el que se encuentra en forma de dióxido de titanio, aunque también se puede mencionar que las impurezas de este metal son el arsénico y el plomo, siendo éste último considerado una de las impurezas del titanio[8], por lo cual su presencia en sedimentos puede deberse a este origen.

Tabla 3. Metales presentes, en mg/kg, en sedimentos de las descargas de la Laguna de Chimaliapan

Elemento	D1	D2	D3	D4
Ti	5415.00	3692.00	3729.00	3151.00
Mn	480.00	439.00	421.00	258.00
Fe	3.85	2.81	3.05	2.31
Ni	19.00	73.00	81.61	23.00
Cu	31.00	23.00	44.00	66.00
Zn	194.00	128.00	214.00	684.00
Pb	28.00	16.00	35.00	41.00



En cuanto a metales en agua de las descargas de la Laguna de Chimaliapan, los valores se presentan en la Tabla 4. Los valores de Cu y Zn presentados no exceden los reportados en la NOM-001-SEMARNAT-1996[4] siendo aceptados para uso en riego agrícola y protección de vida acuática, con los límites máximos permisibles establecidos de 6 mg/L de Zn y 20 mg/L de Cu.

Tabla 4. Metales en mg/L, presentes en agua de las descargas de la Laguna de Chimaliapan

Elemento	D1	D2	D3	D4
Mn	0.16	0.18	0.14	0.23
Fe	1.56	1.28	3.02	3.35
Cu	0.02	0.24	0.06	0.06
Zn	0.09	0.47	0.56	0.40
Br	0.02	0.04	0.02	0.01
Rb	0.02	0.13	0.06	0.06
Sr	0.14	0.60	0.22	0.57

Sin embargo la presencia de Cu en el agua puede ser por tormentas de polvo, la descomposición de la vegetación, la producción de metales y la producción de madera. El Zn se agrega en actividades industriales como la combustión de carbón y sus residuos, lo que provoca su presencia en el ambiente [7].

4. CONCLUSIONES

La contaminación de la Laguna de Chimaliapan existe debido a las descargas de sus alrededores, la mayoría de los parámetros fisicoquímicos analizados se encuentran por encima de los LMP indicados en la NOM-001-SEMARNAT-1996, sobre todo grasas y aceites, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, DBO₅ para D2 y D3, nitrógeno total, fósforo total; además existe una evidente contaminación por metales pesados.

La relación DBO/DQO indica que la contaminación de las descargas proviene principalmente de origen doméstico municipal, excepto para D4 que por el valor calculado de 0.29 indica que la descarga es de origen industrial, sin embargo no se tiene, hasta la fecha, ninguna industria registrada que vierta sus residuos en la Laguna.

La presencia del Ti y Pb puede deberse a la utilización de pinturas para la fabricación de muebles, con los datos reportados en las tablas se comprueba la existencia de otros metales pesados en cada una de las descargas, afectando a la calidad del agua de la Laguna de Chimaliapan y por consecuencia a la vida acuática.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Ledezma-Mora J.A. (2013). Estrategia de conservación *in situ* para *Ambystoma Lermaense*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma del Estado de México.



- [2] SEDAGRO-PROBOSQUE. (1991). Cuenta alta del río Lerma. Plan de recuperación forestal. Gobierno del Estado de México. Secretaría de Ecología. Protectora de bosques. Toluca, Estado de México, México
- [3] Zarazúa G., Tejeda S., Ávila-Pérez P., Carapia L., Carreño C. y Balcazar M. (2011). Metal content and elemental composition of particles in cohsediments of the Lerma River, México. Rev. Int. Contam. Ambien. 27 (3). pp. 181-190.
- [4] DOF. Diario Oficial de la Federación. (2014). NOM-001-SEMARNAT-1996, establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
- [5] SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2005). Clasificación del agua según su Índice de Calidad. México.
- [6] Alberro N., Bedregal P., Crubellati R., Stegen S. (2011). Manual de protocolos armonizados y evaluados para la toma de muestras y el análisis de agua y sedimentos para la región de américa latina y el caribe. Lima, Perú. Agencia Internacional de Energía Atómica. pp. 47.
- [7] Ocampo A. M., Pérez M. O. (2013). Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales con el Proceso de Lodos Activados. Manual de Procedimientos. Jalisco, México. pp.16-25.
- [8] Agenicainc.(2008). Fecha de consulta: mayo de 2014.<http://www.agenciasinc.es/Noticias/Extraccion-limpia-del-dioxido-de-titanio-uno-de-los-minerales-mas-blancos>.

[Indice](#)



Estudio de Huella de Carbono por uso de Celulares en dos Universidades del Valle de Toluca

¹María del Consuelo Mañón Salas, ²Guillermina Gómez Beltrán, ¹Martha Montes de Oca Herrera, ³María del Consuelo Hernández Berriel, ⁴Samantha E. Cruz Sotelo

¹Universidad Politécnica del Valle de Toluca, Carretera Almoloya de Juárez, Km. 5.2, 50904,

Santiaguito Tlacilalcá, Almoloya de Juárez, Edo. de México, México. consuelomanon@gmail.com

²Universidad Tecnológica del Valle de Toluca, Carretera del Departamento del D.F. km 7.5, Santa María Atarasquillo, Lerma, México. C.P. 52044. Tel. 7282859552 ext. 223.

³Instituto Tecnológico de Toluca, Av. Instituto Tecnológico s/n. Fraccionamiento La Virgen 52149, Metepec, Edo. de México, México

⁴Facultad de Ingeniería, UABC. Blvd. Benito Juárez s/n 21280 Col. Insurgentes. Mexicali B.C., México.

RESUMEN

El consumo de energía para la comunicación, producción y transporte genera emisiones de gases de efecto invernadero que inciden en el cambio climático. La telefonía móvil ofrece uno de los servicios más universalmente utilizados y gira en torno al alto consumo de energía y de recursos. En 2013 había casi tantas suscripciones de teléfonos celulares como personas en el mundo. En México la Comisión Federal de Telecomunicaciones reportó más de 105 millones de suscripciones de teléfonos celulares, lo que representó un crecimiento del 248.9% entre el 2003 y 2013; en donde todos los sectores de la sociedad contribuyeron, incluso el segmento de la población estudiantil, del cual se tiene escasa información sobre su consumo de energía y conciencia ambiental. Debido a lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar el impacto por Huella de Carbono (HC) de los celulares de estudiantes en las Universidad Politécnica (UPVT) y Tecnológica (UTVT) del Valle de Toluca. Para ello se seleccionaron tamaños de muestra de cuatro carreras afines entre estas universidades, se les aplicó un cuestionario, se procesó la información recabada y se calculó la HC por el consumo de energía eléctrica por la carga del celular. Entre los resultados se obtuvo que el 99% de la población estudiantil encuestada de la UPVT posee un celular y 98% de la UTVT. La UPVT presentó una generación anual estimada de 7.79 tCO₂e y 1.19 kg CO₂e por estudiante, mientras que para la UTVT produjo 2.36 tCO₂e y 1.15 kg CO₂e por estudiante.

Palabras Clave: Celulares, Estudiantes, Huella de Carbono, Valle de Toluca.

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático, catalogado como uno de los retos más grandes a los que se enfrenta la humanidad, es un fenómeno global provocado por una alteración del clima, atribuible directamente a la actividad humana, que afecta cada vez más la naturaleza, las condiciones de vida y la economía de los países. Hoy día, casi todas las actividades y bienes que se poseen, involucran el consumo de energía, lo que significa liberar emisiones a la atmósfera. El consumo de energía para la comunicación, iluminación, climatización o refrigeración, así como el uso de transporte para el aprovisionamiento o distribución de mercancías, genera emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que inciden de forma significativa en el cambio climático [1], [2].

Las emisiones de GEI asociadas a una actividad se pueden clasificar según se trate de emisiones directas o emisiones indirectas. Las primeras también denominadas de Alcance 1 son emisiones de fuentes que posee o controla el sujeto que genera la actividad (emisiones de la combustión en calderas o vehículos). Las indirectas son emisiones como consecuencia de las actividades que realiza el sujeto, las cuales se subdividen en aquellas de Alcance 2, que incluyen las emisiones derivadas del consumo eléctrico y las del consumo de calor, vapor y refrigeración que se adquieren externamente y; en otras emisiones indirectas o de Alcance 3, que son consecuencia de las actividades del sujeto, pero provienen de fuentes que no son poseídas o controladas por el mismo, como viajes de trabajo, distribución de productos,



tratamiento de residuos, etc. La electricidad es la mayor fuente de emisión de GEI a nivel mundial, lo cual se debe a que la economía global depende fuertemente de la electricidad que se genera [3].

El sector de las telecomunicaciones se ha convertido en uno de los grandes elementos de la economía mundial. Desde sus orígenes, su crecimiento no se ha detenido. En México se reportó que durante el cuarto trimestre de 2013, el Índice de Volumen de Producción del Sector Telecomunicaciones (ITEL), registró un crecimiento de 3.4% con relación al mismo trimestre de 2012, cifra superior al crecimiento del Producto Interno Bruto Nacional (0.7 %) y que representa casi cinco veces más que la economía en su conjunto [4]. Dentro de las telecomunicaciones, en la actualidad el sector de la telefonía móvil, ofrece uno de los servicios más universalmente utilizados, esta industria gira en torno a dos importantes elementos: el alto consumo de energía y de recursos, lo que conlleva a problemas medioambientales asociados. Solo en 2013, había casi tantas suscripciones de teléfonos celulares como personas en el mundo [5]. De acuerdo con información de la Comisión Federal de Telecomunicaciones (CFT) en México se registraron 30, 097,700 suscripciones de teléfonos celulares en 2003 y en 2013 fueron 105, 005,729, lo que representó un crecimiento del 248.9% en diez años [6]. Lo anterior es resultado del aumento en el uso del celular, que incluye a la población estudiantil, de la cual se tienen escasos datos en cuanto a consumo de energía y conciencia ambiental [7]. Conforme a lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar el impacto por Huella de Carbono (HC) por los celulares de estudiantes en las Universidades Politécnica (UPVT) y Tecnológica (UTVT) del Valle de Toluca.

2. METODOLOGÍA

La Zona Metropolitana del Valle de Toluca se localiza en la parte central del Estado de México, es la segunda conurbación en importancia del Estado de México y la quinta a nivel nacional, integrada por 22 municipios con una superficie de 2,669.6 km² (Figura 1), correspondiente al 11.9% del territorio estatal y donde habitan 2, 146,341 personas, que representan el 14% de la población mexiquense. La zona de estudio presenta una gama de contrastes, debido a la presencia de municipios rurales, semiurbanos y urbanos, por lo que para algunos la agricultura y ganadería está en la base de la economía, mientras que para otros lo está en la industria, los servicios y el comercio. Además, la población joven representa una fuerza relevante en el Estado por su peso relativo y porque ha nacido y crecido en una época de grandes transformaciones sociales y culturales, con oportunidades superiores a las generaciones anteriores, niveles de escolaridad elevada, avances tecnológicos e información de su entorno [4], [8]. Con el fin de obtener una muestra representativa de la población bajo estudio, se seleccionaron dos escuelas de nivel superior ubicadas en el Valle de Toluca, ambos, organismos públicos descentralizados de carácter estatal y bajo el mismo programa educativo.

Una de ellas fue la Universidad Politécnica del Valle de Toluca (UPVT), que está situada en Almoloya de Juárez, Estado de México y cuenta con las Ingenierías en Informática, Mecatrónica, Mecánica Automotriz, Energía y Biotecnología, así como la Licenciatura en Negocios Internacionales. La otra institución fue la Universidad Tecnológica de Toluca (UTVT), ubicada en Lerma, Estado de México; que ofrece las Ingenierías en Tecnología Ambiental, Negocios y Gestión Empresarial, Sistemas Productivos, Mantenimiento Industrial, Mecatrónica y Tecnologías de la Información y Comunicación, además de Enfermería y Protección Civil y Emergencias.

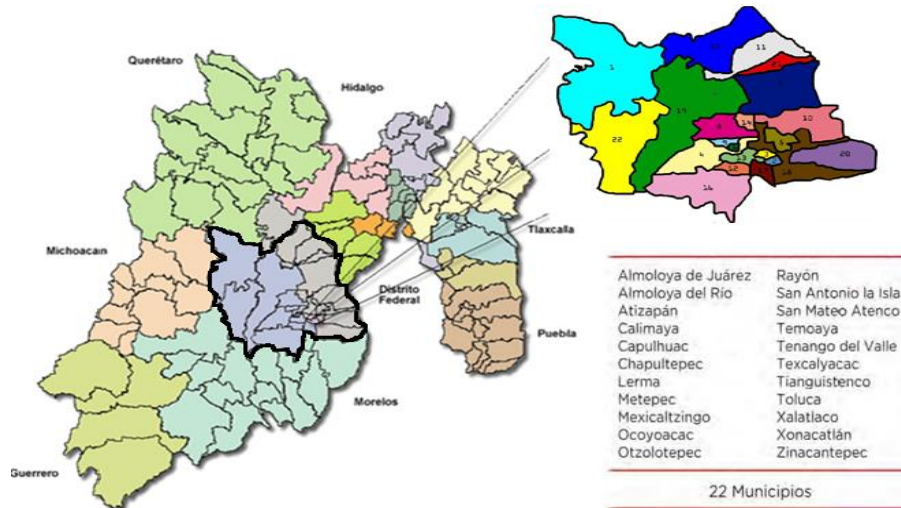


Figura 1. Municipios que conforman del Valle de Toluca

2.1 Selección del tamaño de la muestra

La población a estudiar quedó representada por las carreras afines entre la UPVT (Ingenierías Mecatrónica, en Informática y en Biotecnología y, Licenciatura en Negocios Internacionales) y la UTVT (Ingenierías Mecatrónica, en Tecnologías de la Información y en Tecnología Ambiental, y Licenciatura en Negocios y Gestión Empresarial). Las carreras seleccionadas de la UPVT sumaron 4090 alumnos, mientras que en la UTVT sumaron 2100 estudiantes. La muestra representativa de cada institución se calculó mediante la ecuación 1.

Dónde:

n = Tamaño de Muestra

N = Tamaño de la Población

z= Nivel de confianza (95% Z=1.96)

σ = Fracción de la desviación estándar $pq=(\sigma = 0.5)$

e = Límite aceptable de error muestral (0.05)

$$n = \frac{N}{1 + \frac{e^2(N-1)}{z^2 pq}} \quad (1)$$

2.2. Instrumentos para la recolección y análisis de datos

Se definió un instrumento de medición con el objetivo de cuantificar la cantidad de electrónicos que regularmente guardan en casa, el uso del celular, así como el conocimiento que poseen sobre la disposición y manejo de los residuos electrónicos. El cuestionario se integró por 20 preguntas (abiertas y cerradas), organizadas en tres secciones: 1) Cuantificación de las TICS, 2) Uso del celular y 3) Conocimiento ambiental. Fue aplicado simultáneamente en la UPVT y UTVT, durante los primeros meses del presente año. Entre las preguntas de la segunda sección y que sustentaron este trabajo se encontraron: motivos de la adquisición del celular, uso del manual al adquirirlo, antigüedad, marca, número de cargas al día y a la semana, tiempo de carga cada vez y motivos por los suelen sustituir el celular. En la sección de conocimiento ambiental, se diseñaron preguntas sobre responsabilidades en cuanto a su manejo y disposición.

Una vez recolectada la información, ésta fue capturada y almacenada en una base de datos en Microsoft Access,



facilitando con ello la exportación al Software Estadístico STATGRAPHICS Plus, para que mediante estadística descriptiva se midieran las diferencias o similitudes entre cada una de las preguntas, así como las posibles relaciones, tendencias o patrones en el comportamiento de los datos.

2.3. Estimación de Huella de Carbono

De cada marca de celular colocada en el cuestionario, se buscó información del fabricante sobre la carga eléctrica de la batería en amperio-hora (Ah) y el voltaje (volts). Para calcular la capacidad en Watts-hora (Wh) del dispositivo, se multiplicó la carga eléctrica por el voltaje de la batería (3.7-3.8 volts) de acuerdo a la marca (Tabla 1). Del cuestionario aplicado obtuvo por marca el número de veces de carga del celular a la semana, donde si este número fue > 7 veces se consideró como 8 veces y si el tiempo empleado en cada ocasión de carga fue > 3 h se consideró una vez más de carga por cada hora excedida. El número de veces final fue multiplicado por la capacidad de carga, calculando con ello los Watts-hora (Wh) empleados para la carga del celular en una semana.

Tabla 1. Consumo eléctrico por marca de celular

No.	Marca Celular	Carga eléctrica (Ah)	Watts por hora (Wh)
1	Alcatel	3.4	12.58
2	Blackberry	1.8	6.66
3	HTC	2.3	8.51
4	iPhone	1.44	5.47
5	LG	2.1	7.77
6	Motorola	3.3	12.21
7	Nokia	2	7.40
8	Samsung	2.6	9.88
9	Sony Xperia	2.33	8.62
10	Huawei	2	7.40

Para la estimación de la HC como Emisiones de Electricidad anual, se utilizó el Factor Emisión en toneladas equivalentes de dióxido de carbono de 0.499 (t CO₂e/MWh), dado por [9] y [10] que consideran marcos y datos a nivel internacional (Ecuación 2)

$$HC = \text{Consumo anual por carga del celular (MWh/año)} \times 0.499 \text{ (t CO}_2\text{e/MWh)} \quad (2)$$

3. RESULTADOS

Las muestra quedó establecida con $n=1049$ y $n=771$ para la UPVT y UTVT respectivamente. La UTVT presentó mayor concentración de alumnos en edades < 19 años, en cambio en la UPVT esta mayoría se vio reflejada en edades entre 20-24 años (Figura 2).

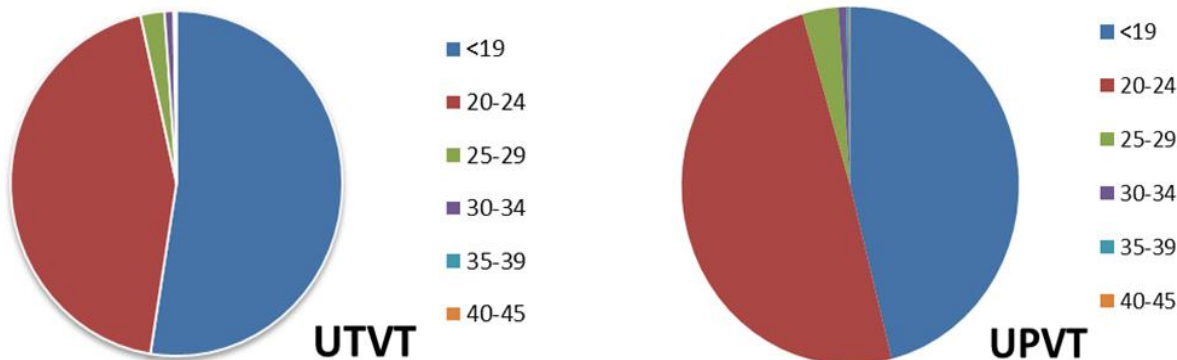


Figura 2. Rango de edades de alumnos.

3.1. Análisis de datos

Se observó la existencia de una tendencia afín entre las marcas más usadas (Samsung, Erickson, LG, Nokia y Alcatel), en la UPVT fue mayor el número de otras marcas empleadas (50 casos). El porcentaje de alumnos que no usan celular se encuentra entre el 1 y 2% de la población estudiantil (Figura 3). Es importante destacar que los alumnos que más tienden a leer el manual son los de Ingeniería en Biotecnología de la UPVT (58%) y los de Ingeniería en Tecnología Ambiental de la UTVT (72 %), mientras que los que no lo leen son los estudiantes de Ingeniería en Informática de la UPVT (49 %) y los de Tecnologías de la Información de la UTVT (39 %) (Figura 4). Lo anterior es preocupante pues apoya la proyección de [10], sobre que la HC global de las telecomunicaciones móviles aumentará hasta el año 2020 alcanzando 235 Mton de CO²e. Entre las razones del porque no usan el manual se encuentran: “les da flojera”, “es aburrido” o “no lo creen necesario”.

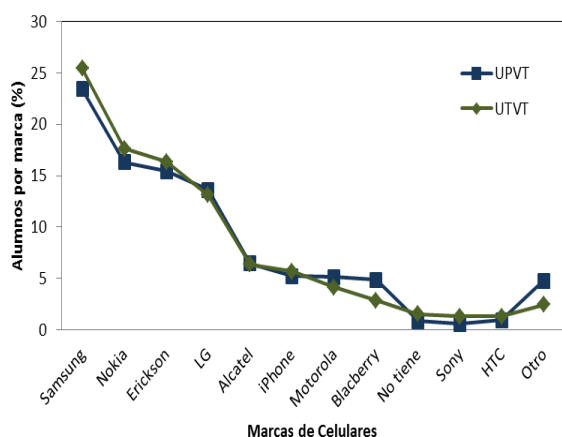


Figura 3. Distribución por uso celular (Marca)

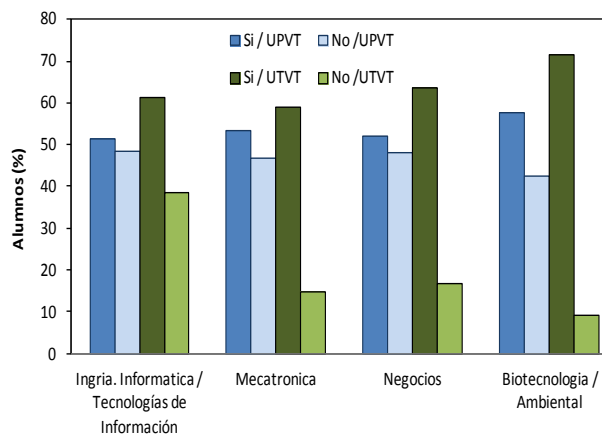


Figura 4. Uso del manual al adquirir el celular

3.3. Estimación de Huella de Carbono

En cuanto al número de veces que cargan el celular a la semana, los estudiantes en ambas instituciones mostraron la tendencia a cargar 7 veces a la semana (Figura 5) 2 horas cada vez (Figura 6), sobresaliendo 5 y 2 % los alumnos de la UPVT en el cargado respectivo de 7 y > 7 veces a la semana.

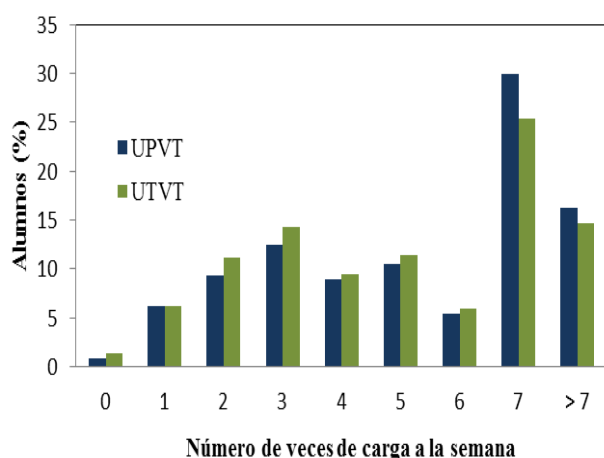


Figura 5. Distribución del número de veces de carga a la semana.

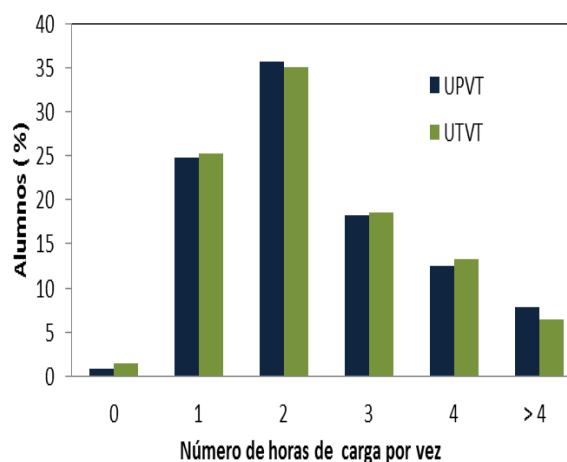


Figura 6. Distribución del número de horas de carga por vez

Después de calcular el consumo eléctrico por semana para cada institución, éste se multiplicó por 52 semanas para el consumo anual por carga del celular. Mediante la ecuación (2) se obtuvo que las emisiones de GEI anuales para la UPVT que fueron 7.79 tCO₂e y 1.19 kg CO₂e por estudiante, mientras que para la UTVT fueron 2.36 tCO₂e y 1.15 kg CO₂e por estudiante.

CONCLUSIONES

La emisión mayor de kg CO₂e por estudiante de la UPVT con respecto a la UTVT coincide con que es mayor el porcentaje en general de estudiantes de la UPVT que no leen el manual, además de que es mayor el porcentaje de los estudiantes de la misma que cargan 7 y más de 7 veces a la semana su celular.

Lo anterior es importante, debido a que denota que el simple hecho de emplear el manual del equipo, facilitaría el aprendizaje de sus características y operación, y por ende optimizaría su uso y reduciría la HC.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue desarrollado con apoyo del Programa de Mejoramiento al Profesorado F-PROMEP-39/Rev-03, SEP-23-005.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] IPCC (2007). Cambio climático 2007: Base de las Ciencias Físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC, ISBN 978 0521 88009-1.
- [2] Bórquez R., (2010) Huella de Carbono, ADCMA, No. 26. Publicaciones fundación Terran, www.terram.cl
- [3] OCCC. (2011). Guía práctica para el cálculo de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Oficina Catalana de Canvi Climatic y Generalitat de Catalunya Comisión Interdepartamental de Cambio Climático, Versión de marzo de 2011.
- [4] INEGI (2013), Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa 2013. Ed. 2013, ISSN: 1405-910X



- [5] ITU (2013) Telecommunication Development Bureau, ICT Facts and figures, Data and Statistics, International Telecommunication Union. www.itu.int/ict.
- [6] CFT. (2014). Suscripciones anuales a teléfonos celulares móviles. Comisión Federal de Telecomunicaciones
- [7] Mondéjar-Navarro M.V., Viñoles-Cebolla R., Bastante-Ceca, MJ., Collado-Ruiz D., Capuz-Rizo, S. (2011). La Huella de Carbono y su utilización en las Instituciones Universitarias. XV Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos, Huesca, 6-8 de julio de 2011
- [8] PROAIRE (2012) Programa para mejorar la Calidad del Aire Valle de Toluca 2012-2017. Secretaría del medio ambiente. Gobierno del Estado de México.
- [9] Informe Final (2011) Medición y Mitigación de la Huella de Carbono en la Comisión Nacional del Medio Ambiente, Pontificia Universidad Católica de Chile facultad de agronomía e ingeniería forestal, Departamento de economía agraria, Santiago, Marzo de 2011
- [10]GEI (2013) Programa GEI México. Factor de emisión eléctrico 2013. <http://www.geimexico.org/factor.html>

[Indice](#)



Incorporación del Sistema Globalmente Armonizado (SGA) para la Clasificación y Comunicación de Peligros por Sustancias Químicas en una Empresa de Inyección de Plásticos

¹Catalina Trinidad Peralta Corona, ²Alejandra Castillo Gómez.

¹Universidad Tecnológica del Valle de Toluca. Carretera del Departamento del D.F. km 7.5, Santa María Atarasquillo, Lerma, México. Teléfono: (728) 2859552. galcore@hotmail.com. ²Menshen Mexicana, S. de R.L. de C.V.

RESUMEN

La incorporación del Sistema Globalmente Armonizado que se describe en este artículo inició con la premisa de utilizar un sistema internacional como método alternativo para identificar y comunicar los peligros y riesgos de las sustancias químicas peligrosas dentro de un centro de trabajo, además de darle cumplimiento a las disposiciones establecidas en la NOM-018-STPS-2000, referente al sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas. En el contenido de este artículo se describen los criterios de clasificación y los elementos de comunicación de peligros de 69 sustancias químicas utilizadas dentro de una empresa dedicada a la inyección de plásticos. Los métodos de prueba consultados fueron los descritos en la norma NMX-R-019-SCFI-2011, referente al Sistema Globalmente Armonizado en México. Obteniendo como resultado de la clasificación; ocho sustancias químicas corrosivas, 21 sustancias químicas inflamables con riesgo a la salud, una sustancia tóxica para el medio ambiente acuático, cinco sustancias irritantes y 34 sustancias sin categoría, debido al mínimo o ausente riesgo de peligro que presentan éstas durante su manipulación. Con respecto a la comunicación de peligros y riesgos asociados a dichas sustancias, se establecieron etiquetas, fichas técnicas de seguridad y se actualizaron los procedimientos relacionados al manejo de químicos, para facilitarle al personal la comprensión del sistema armonizado; a modo de asegurar la protección al medio ambiente, a la salud de la población y a las instalaciones de la empresa durante la manipulación, almacenamiento y disposición final de las sustancias químicas que son utilizadas.

Palabras Clave: *etiquetado, químicos, peligros, armonizado, ambiente.*

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente la normatividad en México referente a la identificación de peligros por sustancias químicas se expresa en la norma NOM-018-STPS-2000, Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo, la cual requiere cumplir los capítulos siete y ocho, utilizando métodos alternos para los sistemas de identificación, capacitación y comunicación de peligros por sustancias químicas [1]. Uno de los métodos más completos e internacional es el Sistema Globalmente Armonizado (SGA) el cual tiene como propósito asegurarse de que los empleadores, los trabajadores y la población dispongan de información adecuada, práctica, fiable y comprensible sobre los peligros que presentan los productos químicos [2], a modo de ejecutar medidas preventivas eficientes para disminuir riesgos a la salud de la población, al medio ambiente y a las instalaciones de las empresas.

Entre las ventajas de incorporar el Sistema Globalmente Armonizado al plan de manejo de sustancias químicas de las empresas, se tienen las siguientes:



- Aumentará la eficiencia y se reducirán los costos como consecuencia del cumplimiento de los reglamentos en materia de comunicación de peligros.
- El entorno de trabajo y el transporte de productos químicos serán más seguros.
- Se reducirán los costos como consecuencia de la disminución del número de accidentes y enfermedades.
- Mejorará la imagen y credibilidad de las empresas.
- Facilitará el comercio internacional de los productos químicos cuyos peligros se hayan identificado en el ámbito internacional [2].

Considerando el gran alcance que tiene el Sistema Globalmente Armonizado, el presente proyecto tuvo por objetivo, implementar tal sistema en una empresa dedicada a la inyección de plásticos, siguiendo las especificaciones establecidas en la norma Mexicana NMX-R-019-SCFI-2011.

2. METODOLOGÍA

La implementación del Sistema Globalmente Armonizado, para la clasificación y comunicación de peligros de sustancias químicas, en una empresa de inyección de plástico, se efectuó mediante cuatro pasos, los cuales consistieron en:

- 1) Obtención y análisis de datos relevantes sobre los peligros de las sustancias o mezclas mediante hojas de seguridad o información externa.
- 2) Identificación de peligros y categorización de riesgos de las sustancias o mezclas de acuerdo a los criterios establecidos en la *NMX-R-019-SCFI-2011*, referente al Sistema Globalmente Armonizado, con respecto a:
 - a) Peligros físicos: Explosivos; gases a presión u oxidantes; aerosoles, gases, líquidos o sólidos inflamables; productos químicos que reaccionan espontáneamente, que experimentan calor espontáneo, que en contacto con agua desprenden gases inflamables o que son corrosivos para los metales; líquidos o sólidos pirofóricos; líquidos o sólidos oxidantes; peróxidos orgánicos.
 - b) Peligro para la salud: Toxicidad aguda; corrosión e irritación cutáneas; lesiones oculares graves e irritación ocular, sensibilización respiratoria o cutánea, mutagenicidad en células germinales; carcinogenicidad; toxicidad para la reproducción; toxicidad sistemática específica de órganos blanco-exposición única y repetida; peligro de toxicidad por aspiración.
 - c) Peligros para el medio ambiente: Peligros para el medio ambiente acuático; peligros para la capa de ozono [3].

Categorizando los riesgos mediante niveles, del uno hasta el cinco, siendo categorías de mayor gravedad las de los niveles más bajos (en su mayoría uno y dos) y categorías de menor gravedad, las de niveles más altos (en su mayoría tres, cuatro y cinco).

- 3) Rotulado de envases de sustancias químicas, con respecto al tipo de peligro, nivel de riesgo y asignación de pictogramas normalizados.
- 4) Ejecución de técnicas para la comunicación de peligros de sustancias químicas y medidas de seguridad para su manejo y almacenamiento.



3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Identificación de peligros y categorización de riesgos de las sustancias o mezclas

En la tabla 1 se muestra una parte de la lista de control que fue elaborada para facilitar la consulta de peligros asociados a los productos químicos utilizados en la empresa, dicha tabla se compone de; el nombre de la sustancia química, la categorización de peligros, los niveles de riesgo, la codificación de las indicaciones de peligro y consejos de prudencia (desglose de códigos en la norma *NMX-R-019-SCFI-2011*), el equipo de protección personal a utilizar para su manipulación, el nombre del pictograma de precaución correspondiente a la categoría de peligro asignado y las condiciones o sustancias incompatibles para su almacenamiento.

Tabla 1. Identificación y clasificación de peligros de sustancias químicas

Sustancia química	Categoría de peligros	Codificación de peligros y consejos de prudencia	Equipo de protección personal	Descripción del producto	Pictograma de precaución.	Incompatibilidad
Neutractor	Iritación cutánea, categoría 3; Iritación ocular, categoría 2B.	H316; P332 + P313; H320 P264; P305 + P351 + P338; P337+ P313.	Guantes de nitrilo y lentes de seguridad.	Detergente líquido neutro clorado.	Sin rombo	Luz, metales pesados (Cu, Ni, Pb, Ag, Cr, Fe), aminas primarias y sales de amonio
Desin-cruxtek	Lesiones oculares graves, categoría 1; Toxicidad aguda por ingestión, categoría 4; Toxicidad aguda por vía cutánea, categoría 4; Toxicidad aguda por inhalación, categoría 5.	H318; P280; P305 + P351 + P338; H302; P264; P270; P301 + P312; P330; H312; P280; P302 + P352; H333.	Guantes de neopreno y lentes de seguridad.	Removedor de sarro.	Corrosivo	Altas temperaturas y álcalis fuertes.
Tratamiento 7330	Iritación cutánea, categoría 1C; Toxicidad aguda para el medio ambiente acuático, categoría 3.	H314; H402; P260; P264; P301+ P330+P331; P303+P361+P353; P363; P304 + P340; 280; P305 + P351 + P338; P273.	Guantes de PVC, mandil, lentes de seguridad y protección respiratoria en caso de ventilación inadecuada	Tratamiento para agua de enfriamiento	Corrosivo	Agentes oxidantes, materia orgánica y agentes reductores.
Gas licuado de petróleo	Gas Inflamable, categoría 1. Iritación cutánea, categoría 2. Iritación ocular, categoría 2. Iritación en vías respiratorias (órganos blancos), categoría 3. Gas	H220; H319; H315; H335; H336; H280; P210; P377; P381; P403 + 410; P280; P302 + P321; P305 +	Lentes, mandil u overol y protección respiratoria SCBA en caso de ventilación inadecuada.	Gas licuado de petróleo	Flama, gas a presión y signo de exclamación.	Lejos de fuentes de ignición y de calor.

Sustancia química	Categoría de peligros	Codificación de peligros y consejos de prudencia	Equipo de protección personal	Descripción del producto	Pictograma de precaución.	Incompatibilidad
	licuado.	P351; P261; P304+P340.				
Lubricante en aerosol	Aerosol Inflamable, categoría 1. Peligro por aspiración, categoría 1A. Irritación ocular, categoría 2B. Toxicidad específica de órganos blancos, categoría 3.	H222; H301; H320; H335; H336; P210; P211; P251; P410 + P412; P264; P270; P330; P501; P305 + P351; P337+ P313; P261; P304 + P340.	Guantes de neopreno, lentes de seguridad, bata y protección respiratoria con filtro en caso de ventilación insuficiente.	Lubricante en aerosol con protección anti-corrosiva.	Flama y peligro para la salud.	Rayos solares, temperaturas arriba de los 50°C y oxidantes fuertes.

3.2 Rotulado de envases de sustancias químicas

En la figura 1 se muestra el contenido de las etiquetas utilizadas para rotular los envases de las sustancias químicas.

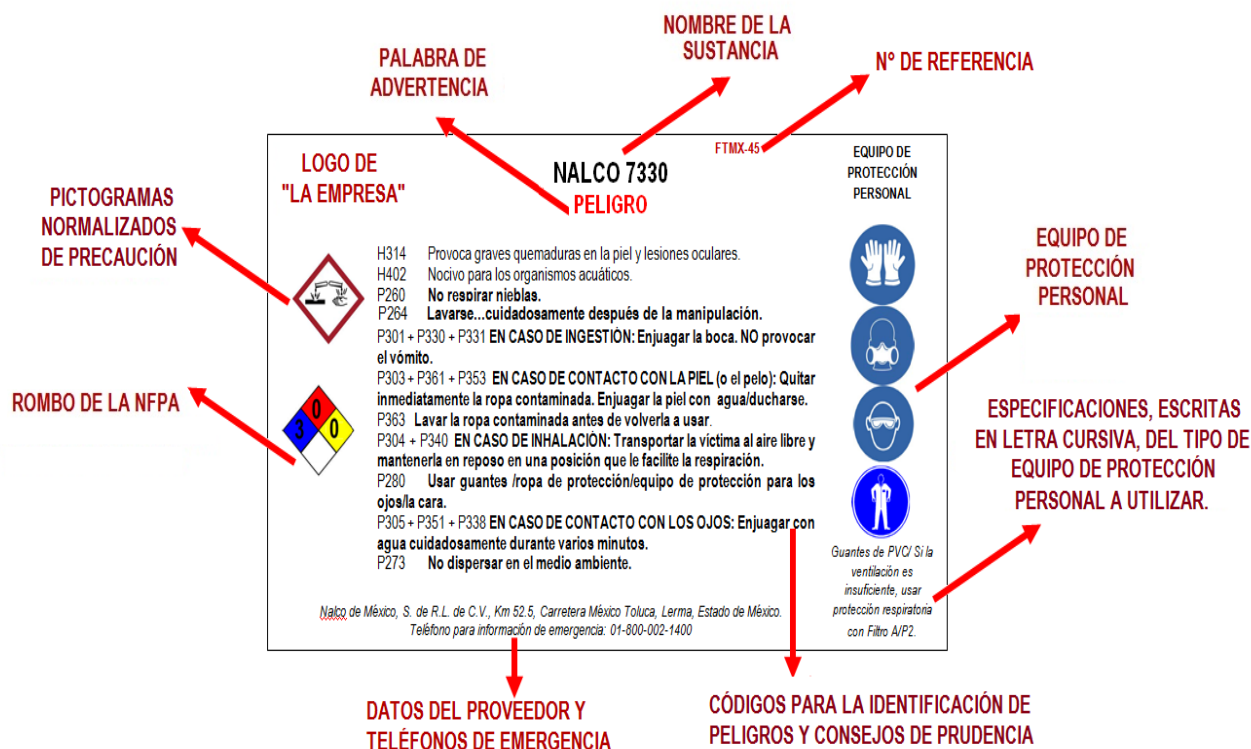


Figura 1. Contenido de las etiquetas para los envases de las sustancias químicas



3.3 Técnicas para la comunicación de peligros de sustancias químicas y medidas de seguridad para su manejo y almacenamiento

Las acciones y medidas de seguridad efectuadas dentro de la empresa, para el almacenamiento y manejo seguro de las sustancias químicas, fueron las siguientes:

- a) Se elaboraron fichas técnicas de las sustancias químicas con el extracto de las hojas de seguridad y la clasificación de peligros conforme al Sistema Globalmente Armonizado, para facilitarles a los trabajadores la comprensión de dicha información antes de manipular una sustancia química.
- b) Se elaboró una matriz de compatibilidad para el correcto almacenamiento de las sustancias químicas, la cual está basada en la identificación de peligros conforme al Sistema Globalmente Armonizado y el transporte de mercancías peligrosas.
- c) Se incorporó el Sistema Globalmente Armonizado al plan de manejo de sustancias químicas de la empresa y se difundió nuevamente el contenido a todo el personal a través de capacitación y folletos.

4. CONCLUSIONES

El presente proyecto, desarrollado en un periodo de 4 meses, estuvo centrado en la incorporación del Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de sustancias químicas al plan de manejo de químicos de una empresa dedicada a la inyección de plásticos, siguiendo los métodos de prueba de la norma NMX-R-019-SCFI-2011, los cuales son reconocidos internacionalmente de acuerdo a los tipos de peligros que las sustancias químicas poseen.

La implementación se logró al clasificar a las 69 sustancias químicas utilizadas dentro del centro de trabajo, de las cuales resultaron:

- ocho sustancias químicas corrosivas;
- 21 sustancias químicas inflamables con riesgo a la salud;
- una sustancia tóxica para el medio ambiente acuático;
- cinco sustancias irritantes;
- 34 sustancias sin categoría debido al bajo riesgo de peligro asociado.

Una vez clasificadas las sustancias químicas, se rotularon los envases conforme a lo establecido por éste sistema, se realizaron además fichas técnicas para facilitarle la comprensión de información a los trabajadores, se reubicaron las sustancias en el almacén de químicos bajo lo estipulado en la matriz de compatibilidad que se diseñó, se actualizó el procedimiento del manejo de sustancias químicas de la empresa y se brindó la capacitación hacia todo el personal de la empresa.

Finalmente, se reconoce que la incorporación de éste sistema no solo permitirá darle cumplimiento a los capítulos siete y ocho de la norma NOM-018-STPS-2000, sino también reducirá la probabilidad de que ocurran accidentes relacionados con la manipulación de sustancias químicas dentro de los centros de trabajo ya que al determinar su clasificación de peligros se puede conocer que sustancias deben ser sustituidas por otras que causen menor impacto, el tipo de equipo de protección personal a utilizar durante la manipulación para evitar riesgos a la salud, así como las medidas que deben adaptarse en el almacén de sustancias químicas para evitar riesgos físicos y la mejor disposición de los residuos para evitar perjudicar al medio ambiente.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Norma Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2000. *Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo*. Diario Oficial, 27 de octubre de 2000. México, D.F.
- [2] Instituto de las Naciones Unidas para Formación Profesional e Investigaciones (UNITAR). *Comprendiendo el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos, guía al libro morado del SGA*. 2010. Suiza. pp. 1 y 8.
- [3] Norma Mexicana NMX-R-019-SCFI-2011. *Sistema armonizado de clasificación y comunicación de peligros de los productos químicos*. Declaratoria de Vigencia, 13 de mayo de 2011. México, D.F.

[Indice](#)



Evaluación comparativa de actitudes ambientales en el ámbito de los Residuos Sólidos Urbanos en el Instituto Tecnológico de Tepic

¹Rosales Flores M. ²Saldaña Durán C. ³Liborio González Torres. ⁴Ruiz-Bernés Alejandro, ⁵Quintero Hajar F.

¹Instituto de Estudios Tecnológicos y Superiores Matatipac A.C. Bugambillas No. 124 Col. Jardines del Valle
C.P. 63036, Tepic, Nayarit. rosales_man@hotmail.com

²Universidad Autónoma de Nayarit. cesduran59@yahoo.com.mx

³Universidad Autónoma de Nayarit. Profesor investigador de Química Ambiental, ligonza@nayar.uan.mx

⁴Universidad Autónoma de Nayarit. Coordinador General de la Dirección de Seguimiento y Evaluación de Egresados. abernes@gmail.com

⁵Consejo Consultivo del Centro de Investigación Científica del Matatipac A.C. asfice@hotmail.com

RESUMEN

El presente estudio se aplicó una encuesta durante julio del 2011 en el Instituto Tecnológico de Tepic (ITT). La participación fue de 324 estudiantes, 31 docentes y 7 administrativos. En total fueron 362 personas encuestadas a las que se le indicó responder a 20 preguntas, lo que dio como resultado una base de datos de 7,240 respuestas distribuidas en cuatro secciones: A) Conocimiento, B) Percepción, C) Actitud y D) Propuesta. Dicho proyecto pretende identificar el conocimiento de la problemática de los cambios y deterioro que afecta al medio-ambiente, para identificar el lugar que genera mayor interés y el compromiso que tiene los maestros, administrativos y los estudiantes. La confiabilidad del instrumento alcanzó un coeficiente de 0.636 en la prueba estadística denominada Alfa de Cronbach. Los resultados muestran que gran parte de los encuestados están dispuestos a participar en cuestiones ambientales.

Palabras Clave: Educación ambiental, Estudiantes, Ambiente, Institución, Compromiso ambiental

1. INTRODUCCIÓN

Una de las principales acciones a favor del ambiente es, sin duda, la educación ambiental, la cual pretende crear en la sociedad una cultura ambientalmente más consciente de sus actos, pero principalmente, de su impacto sobre la naturaleza. Lamentablemente, la universalidad con que muchas veces se aborda el tema, ha propiciado que los programas de educación ambiental sean implementados de una manera teórica o muy general.

Por tal motivo se ha procurado incluir a las organizaciones, escuelas y sociedad en general en el cuidado del medio ambiente [1] y en la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU).

Actualmente, la Educación Superior (ES) desarrolla nuevos y mejores objetivos respecto a la actitud, conocimiento y comportamiento, que han incluido el volver prácticas a diferentes materias que anteriormente eran teóricas [2]. La ES no solo debe centrarse en la teoría o la enseñanza académica, sino también en la gestión social que debe traducirse en el esfuerzo colectivo que esté orientado al desarrollo humano sostenible [3]. La ES debe tener un compromiso social para con los estudiantes y la sociedad en general, en donde los educadores



deben ser capaces de realizar prácticas y no solo delimitarse a dar conocimientos y habilidades respecto a un contexto científico, tecnológico o económico, sino también implementar actitudes más amplias hacia las necesidades sociales y medioambientales [4]. Lo dicho anteriormente, pone de manifiesto la urgencia de llevar a cabo acciones encaminadas a preservar nuestro planeta para el futuro, pero sobre todo, educar a las nuevas generaciones para que sean ellos quienes tengan más conciencia respecto al medio ambiente.

El presente trabajo tiene como objetivo mediante la evaluación de las actitudes ambientales en el ámbito de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) contribuir a generar información en torno a dicha situación actual. Como instrumento de recolección de información para esta investigación se utilizó una encuesta que se aplicó a académicos, administrativos y estudiantes, todos pertenecientes al Instituto Tecnológico de Tepic (ITT).

2. METODOLOGÍA

2.1 Población y muestra

El universo considerado en este estudio fue de 3,718 sujetos integrantes de la comunidad educativa. Esta cifra fue obtenida, de la administración del ITT representando el total de la población en el año de 2011. El tamaño de la muestra global resultó ser de 362 sujetos. Se realizó un muestreo estratificado. Se utilizó el método de [5] ecuación (1) para la obtención de la muestra estratificada. Resultando la cantidad de 31 sujetos para los académicos, 7 para los administrativos y 324 para los estudiantes. Las muestras no distinguen entre diferentes niveles socio-culturales o económicos, profesión, sexo o edad, lo único que les es común a todos, al menos durante su estancia en el IIT es el ambiente físico (hábitat). La forma en que se calculó el tamaño de la muestra fue con la ecuación (1):

$$n = \frac{N Z_{\alpha}^2 p (1-p)}{e^2 (N-1) + Z_{\alpha}^2 p (1-p)} \quad (1)$$

Dónde:

N = Total de la población

Z = 1.96² (si la seguridad es de 95%)

P = Proporción esperada (en este caso 5% = 0.005)

q = 1- p (en este caso 1- 0.05) = 0.95

d = precisión (en este caso deseamos un 3%)

2.2 Instrumento

El instrumento de evaluación fue un cuestionario de escala tipo Likert, con cinco opciones de respuesta: Se capitalizaron las opciones 1. Totalmente en desacuerdo, 2. En desacuerdo, 3. Indiferente, 4. De acuerdo y 5.



Totalmente de acuerdo. El cuestionario fue integrado con 20 preguntas seleccionando la opción que el encuestado consideraba mejor de su opinión. El cuestionario recoge información sobre variables relacionadas con el medio ambiente. Se acudió a la bibliografía para seleccionar algunas variables que se aprueban como relevantes en estudios relacionados con la comprensión, conciencia e importancia del medio-ambiente, así como otros que se han incluido por propio criterio. Este instrumento incluye preguntas con las que se recopila información sobre cuatro tipos de variables. Las preguntas se describen a continuación como pregunta 1 hasta pregunta 20. Las secciones “A” “B” “C” “D” son:

A.- Conocimiento, Pregunta 1.- *No sirve separar la basura para, el reciclaje.* Opciones: (1) Totalmente en desacuerdo, (2) en desacuerdo, (3) indiferente, (4) de acuerdo, (5) totalmente de acuerdo. **Pregunta 2.-** *Todos los Residuos Sólidos Urbanos se pueden reciclar.* Opciones: (1) Totalmente en desacuerdo, (2) en desacuerdo, (3) indiferente, (4) de acuerdo, (5) totalmente de acuerdo. **Pregunta 3.-** *La utilización de productos reciclados disminuye la contaminación.* Opciones: (1) Totalmente en desacuerdo, (2) en desacuerdo, (3) indiferente, (4) de acuerdo, (5) totalmente de acuerdo. **Pregunta 4.-** *La reducción de Residuos Sólidos Urbanos ayuda a prevenir el cambio climático y la destrucción de la capa de ozono.* Opciones: (1) Totalmente en desacuerdo, (2) en desacuerdo, (3) indiferente, (4) de acuerdo, (5) totalmente de acuerdo. **Pregunta 5.-** *Los residuos son materia prima y se pueden reciclar.* **Opciones:** (1) Totalmente en desacuerdo, (2) en desacuerdo, (3) indiferente, (4) de acuerdo, (5) totalmente de acuerdo.

B.- Percepción, Pregunta 6.- *La protección del medio ambiente es beneficiosa para mi salud y la de los míos.* **Opciones:** (1) Totalmente en desacuerdo, (2) en desacuerdo, (3) indiferente, (4) de acuerdo, (5) totalmente de acuerdo. **Pregunta 7.-** *Existen diferentes actividades para proteger el medio ambiente y evitar su deterioro.* **Opciones:** (1) Totalmente en desacuerdo, (2) en desacuerdo, (3) indiferente, (4) de acuerdo, (5) totalmente de acuerdo. **Pregunta 8.-** *Los problemas de reciclaje pueden resolverse sin grandes cambios de nuestra manera de vivir.* **Opciones:** (1) Totalmente en desacuerdo, (2) en desacuerdo, (3) indiferente, (4) de acuerdo, (5) totalmente de acuerdo. **Pregunta 9.-** *Los problemas de los Residuos Sólidos Urbanos deben dejarse a los expertos.* **Opciones:** (1) Totalmente en desacuerdo, (2) en desacuerdo, (3) indiferente, (4) de acuerdo, (5) totalmente de acuerdo. **Pregunta 10.-** *Mi contribución a los problemas ambientales es insignificante comparada con las decisiones y acciones de gobiernos e industrias.* **Opciones:** (1) Totalmente en desacuerdo, (2) en desacuerdo, (3) indiferente, (4) de acuerdo, (5) totalmente de acuerdo.

C.- Actitud, Pregunta 11.- *Cambiaría mi estilo de vida y mis conductas diarias a favor del reciclaje de los Residuos Sólidos Urbanos.* **Opciones:** (1) Totalmente en desacuerdo, (2) en desacuerdo, (3) indiferente, (4) de acuerdo, (5) totalmente de acuerdo. **Pregunta 12.-** *Separar los Residuos Sólidos Urbanos es un trabajo extra que no beneficia al medio ambiente.* **Opciones:** (1) Totalmente en desacuerdo, (2) en desacuerdo, (3) indiferente, (4) de acuerdo, (5) totalmente de acuerdo. **Pregunta 13.-** *Mis actividades diarias no me permiten dedicar tiempo a la selección de los diferentes Residuos Sólidos Urbanos que género.* **Opciones:** (1) Totalmente en desacuerdo, (2) en desacuerdo, (3) indiferente, (4) de acuerdo, (5) totalmente de acuerdo. **Pregunta 14.-** *Reduzco la cantidad de basura que produzco al reutilizar o reciclar lo máximo posible.* **Opciones:** (1) Totalmente en desacuerdo, (2) en desacuerdo, (3) indiferente, (4) de acuerdo, (5) totalmente de acuerdo. **Pregunta 15.-** *La gente arroja basura al suelo cuando nadie la ve.* **Opciones:** (1) Totalmente en desacuerdo, (2) en desacuerdo, (3) indiferente, (4) de acuerdo, (5) totalmente de acuerdo.



D.- Propuesta, Pregunta 16.- *Compro los productos envasados en papel y no en plástico porque influye en la calidad del ambiente.* **Opciones:** (1) Totalmente en desacuerdo, (2) en desacuerdo, (3) indiferente, (4) de acuerdo, (5) totalmente de acuerdo. **Pregunta 17.-** *Las prácticas de selección de residuos influyen en la calidad del ambiente.* **Opciones:** (1) Totalmente en desacuerdo, (2) en desacuerdo, (3) indiferente, (4) de acuerdo, (5) totalmente de acuerdo. **Pregunta 18.-** *No compro productos con empaques que contaminen el ambiente.* **Opciones:** (1) Totalmente en desacuerdo, (2) en desacuerdo, (3) indiferente, (4) de acuerdo, (5) totalmente de acuerdo.

Pregunta 19.- *Apoyo a los grupos y las peticiones sobre la defensa del medio ambiente.* **Opciones:** (1) Totalmente en desacuerdo, (2) en desacuerdo, (3) indiferente, (4) de acuerdo, (5) totalmente de acuerdo.

Pregunta 20.- *Asisto a actos donde se informe sobre temas de medio ambiente.* **Opciones:** (1) Totalmente en desacuerdo, (2) en desacuerdo, (3) indiferente, (4) de acuerdo, (5) totalmente de acuerdo.

Las encuestas fueron distribuidas y aplicadas en las distintas carreras que se imparten en el ITT (Ver ejemplo de **Tabla 1**).

Tabla 1. Distribución del total de las encuestas aplicadas a los estudiantes y personal académico y administrativo.

Categorías	No. de encuestas
Estudiantes	324
Académicos	7
Administrativos	31
Total	362 encuestas

2.3 Análisis de datos

El análisis de los datos se realizó a través del programa SPSS “Statistical Package for the Social Sciences” representando los resultados con estadísticas descriptivas, para medir claramente las diferencias o similitudes de las variables: a) conocimiento, b) percepción, c) actitud y d) propuestas hacia el manejo de los RSU.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la estimación de la confiabilidad del instrumento, se aplicó la media de consistencia interna denominada Alfa de Cronbach (α). El cálculo mostró un coeficiente de 0.636, lo que representa una moderada confiabilidad para el instrumento.

Para conocer las diferencias que presentan los estudiantes, académicos y administrativos con respecto a su conocimiento, percepción, actitud y propuesta sobre el medio ambiente. Se realizó un análisis de clasificación a través de la prueba estadística análisis de varianza (ONEWAY) y se aplicó la prueba post hoc Scheffé para observar cuál de los tres grupos marca la diferencia entre las medias (Tabla 2). El análisis de varianza marcó diferencias significativas entre los grupos.

Tabla 2. Diferencias entre los estudiantes, académicos y administrativos sobre el conocimiento, percepción, actitud y propuesta del manejo de los RSU.

Variable Dependiente		Diferencias de Grupos					
		Estudiantes (1)		Maestros (2)		Administrativos (3)	
	Scheffé	M	DT	M	DT	M	DT
Conocimiento	2 > 3,1 y 3 > 1	18.04	5.573	18.28	4.762	18.15	4.551
Percepción	3 > 1,2 y 1 > 2	18.77	5.279	18.61	5.301	18.86	5.579
Actitud	1 > 2,3 y 2 > 3	17.66	5.737	16.64	5.327	16.86	4.773
Propuesta	3 > 1,2 y 1 > 2	17.40	4.375	16.49	4.597	17.86	4.967

P < 05, P < 01, P < .001 Scheffé , M = Media, DT = Desviación típica

La **Tabla 2** representa los resultados de la prueba Scheffé de los sujetos encuestados indicando de manera general que:

En lo que respecta la variable dependiente conocimiento, se encontró que los maestros representa la media (M) significativamente más alto con el (18.28), mostrando mayor conocimiento a los administrativos y estudiantes sobre el manejo de los RSU para reciclar, estableciendo diferencia entre ellos. En la variable dependiente percepción, los administrativos presentan la media (M) significativamente alta con el (18.86), mostrando diferencia entre estudiantes y maestros respecto de la problemática acerca del manejo de los RSU sobre el medio ambiente. En cuanto se refiere a la variable dependiente actitud, se ha encontrado la media (M) significativas más altas a los estudiantes, con el (17.66), mostrando mejor actitud acerca del manejo de los RSU ante dicha problemática, estableciendo diferencia entre los administrativos y maestros. Por último, podemos ver el análisis de la variable propuesta, mostrando diferencia significativa más alta en la media (M) para los administrativos con el (17.86) por el nivel de interés y disponibilidad que muestran para, realizar acciones que mejoren el ambiente, estableciendo diferencias entre estudiantes y maestros.

Dado el interés creciente por los estudios de actitudes ambientales, en este trabajo se comparan los diferentes resultados de cuestionarios sobre preocupaciones ambientales. Algunos estudios sobre el proceso de adopción de la conducta de reciclado [6] y otros estudios sobre la conciencia ambiental e interacción con el ambiente, realizados en México [7] y [8] respectivamente, reportan un patrón de comportamientos semejantes entre las actitudes, el comportamiento y el conocimiento ambiental de los estudiantes mexicanos. Como respuesta a esta responsabilidad que las instituciones educativas tienen en la formación de la educación ambiental especial a nivel superior en México [9], [10] y [11], se confirma la existencia de un alto nivel de conciencia ambiental. Es importante la importancia de diseñar una escala de actitudes específicas hacia temas ambientales concretas



como: conocimiento, percepción, actitud y propuesta para realizar acciones que mejoren el medio ambiente. Con las respuestas de este trabajo se pueden comprobar que es difícil la equivalencia entre ellos ya que se utilizaron instrumentos y metodologías diferentes, permiten destacar ciertas discrepancias entre los estudiantes de los diferentes países, estados o municipios y por la evolución o los cambios en las actitudes hacia el medio ambiente. Al analizar cada uno de los sujetos encuestados se mostró claramente las diferencias o similitudes de las variables, encontrando que tienen conocimiento y percepción de la problemática acerca del manejo de los RSU, mostrando cierta actitud y propuestas ante dicha problemática. Es importante que se continúe presentando estos estudios respecto a la actitudes ambientales sobre todo en los centros educativos de nivel superior [12] y se hagan énfasis acerca de los beneficios que se obtiene al cuidar el medio ambiente, para crear conciencia en las personas acerca de la importancia del medio ambiente para la conservación de la vida en el planeta Tierra.

4. CONCLUSIONES

Se concluye que los maestros, administrativos y estudiantes están conscientes de la situación actual del ambiente tanto en su localidad como en el mundo, entendiendo que el ser humano está realizando cambios tan drásticos e inconscientes sin considerar la sustentabilidad. Uno de los motivos a los que podría atribuirse esta importancia tan débil, con respecto a los temas ambientales, es la educación formal adecuada para continuar con una formación ambiental. Además el ITT, puede desarrollar cambios de actitudes en los maestros, administrativos y estudiantes, a través de una educación ambiental positiva utilizando el uso de tecnologías de información y comunicación, así como cursos curriculares en carreras relativas a la protección del medio ambiente, aprovechando que se cuenta con la infraestructura necesaria para llevar a cabo un programa de este tipo. Para lo cual es muy importante la participación y apoyo económico, la reglamentación y aplicación de las leyes existentes en pro del manejo y gestión integral de los RSU, lo cual redundará en un medio ambiente más sano y por ende en mejor calidad de vida para la sociedad.

De manera general y con fundamento en nuestros resultados, podemos determinar que los administrativos tienen mejor percepción respecto de la problemática acerca del manejo de los RSU sobre el medio ambiente y mostrando mayor interés para realizar acciones que mejoren el ambiente entre estudiantes y maestros. Los maestros mostrando mayor conocimiento que los administrativos y estudiantes sobre el manejo de los RSU para reciclar. Los estudiantes mostrando mejor actitud acerca del manejo de los RSU ante dicha problemática, estableciendo diferencia entre los administrativos y maestros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Castro Cuellar A. Cruz Burgete J. et al. (2009). Educar con ética y valores ambientales para conservar la naturaleza; UAEMEX; ISSN 1435, No. 50; Mayo-Agosto, pp. 353-382.
- [2] Vega Marcote P., Álvarez Suarez P. (2005). Planteamiento de un marco teórico de la Educación Ambiental para un desarrollo sostenible; revista electrónica de enseñanza de las ciencias; vol.4; No. 1.
- [3] Castañeda G. et al. (2007). El rol de la Universidades en el contexto de la responsabilidad social empresarial. Revista NEGOTIUM/ Ciencias Gerenciales; ISSN: 1856-1810; Año 3; No. 8; pp. 100 -132.



- [4] Rosell Puche L. (2007). Aportes de la Educación Superior para el desarrollo sostenible. La extensión universitaria y la pertenencia del conocimiento; Acta Odontológica Venezolana; ISSN: 0001-6365; Vol. 45; No. 3.
- [5] Moore, David S. (2005). Estadística aplicada básica: Antonio Bosch Editor. Pp. 209-228. ISBN: 8495348047.
- [6] Díaz, G. y Beerli, A. (2006). Proceso de adopción de la conducta de reciclado: modelos explicativos y variables moderadoras. Cuadernos de economía y Dirección de la Empresa, 28, 55-86.
- [7] Vargas, C., Vázquez, L., Gutiérrez, G., Vargas, A., y Fernández, C. (2010). Conciencia ambiental en estudiantes de Enfermería Básica. Revista Universitaria de Investigación y Diálogos Académicos, 6(3), 18-28.
- [8] Fernández-Crispín, A., Benayas-Del-Álamo J. y Barroso-Jerez, C. (2005). Social representation of the way to interact with environment of the elementary school teachers of the Puebla's municipality (México). *International Journal Environmentand Sustainable Development*, 4(2), 140-153.
- [9] Sáez, V. (1999). Consideraciones sobre la preparación, valores y creencias de los estudiantes de Geografía de la Universidad Central de Venezuela con respecto a la Educación Ambiental. Terra, 15(024), 117-131.
- [10] Sosa, S. B., Isaac-Márquez, R., Eastmond, A., Ayala, M. E. y Arteaga, M.A (2010). Educación superior y cultura ambiental en el sureste de México. Universidad y Ciencia, 26(1), 33-49.
- [11] García-Ruiz, M. (2007). *Los conocimientos ambientales de estudiantes universitarios*. Memorias IX Congreso Nacional de Investigación Educativa. Mérida: Consejo Mexicano de Investigación Educativa.
- [12] Villegas, G. y López, M .A. (2006). ¿Es posible el desarrollo sostenible? Acercamientos Conceptuales a la relación ambiente desarrollo y Economía. Luna Azul, 1-9.

[Indice](#)



Manejo de Juguetes Electrónicos: una Visión de los Consumidores

¹ Martha Salcedo Maldonado, ¹Sara Ojeda Benítez, ²Samantha Cruz Sotelo, ¹Néstor Santillán Soto, ¹O. Rafael García Cueto y ³Luis Velázquez

¹ Instituto de ingeniería, UABC, Mexicali Baja California México

² Facultad de ingeniería, UABC, Blvd. Benito Juárez s/n 21280, Col. Insurgentes Mexicali Baja California México, teléfono y martha.salcedo@uabc.edu.mx

³ Universidad de Sonora

RESUMEN

El avance tecnológico ha evolucionado así como las formas de entretenimiento en la sociedad, los niños actualmente experimentan nuevos estilos de juego, que se lleva a través de consolas, tabletas, libros electrónicos y controles, el cual puede prolongarse por horas. Por ello es importante estudiar este segmento así mismo conocer la visión de los padres de familia que son los responsables de mediar el uso de estas tecnologías en el hogar. Los juguetes electrónicos representan problemas ambientales debido a prácticas informales de disposición. Para realizar esta investigación se aplicó una encuesta a padres de familia a través de un método no probabilístico discrecional con el propósito de obtener información referente al consumo y manejo de juguetes electrónicos. Se observó 22% de los juguetes en desuso se desechan por que se consideran obsoletos y el 17% porque ya no funcionan. Por lo anterior, es necesario desarrollar estrategias para el manejo sustentable de los juguetes electrónicos en desuso.

Palabras Clave: Conocimiento ambiental, prácticas de disposición, residuos electrónicos

1. INTRODUCCIÓN

Para un niño el juego es la forma de ir conociendo lo que se encuentra a su alrededor, sin embargo el avance tecnológico se ha manifestado en el uso de juguetes eléctricos y electrónicos (JEE) como medio de entretenimiento, los cuales se incluyen en esta categoría siempre y cuando incorporen luces, sonido, movimiento y cualquier otra aplicación cuyo funcionamiento dependa de baterías o corriente eléctrica y cuente con componentes eléctricos y electrónico [1].

En la actualidad los niños se enfrentan a la tecnología para comunicarse, estudiar y como medio de entretenimiento los infantes usan dispositivos electrónicos para fines sociales y culturales actualmente para comunicarse con sus padres al realizar llamadas telefónicas por celular, conversaciones de Skype y compartir fotografías con la familia y amigos [2].

La sociedad se ha desarrollado tecnológicamente, así como los juguetes eléctricos y electrónicos, algunos de estos juguetes pueden contener productos químicos nocivos [3]. Por ejemplo, se añaden los ftalatos a los juguetes de plástico para aumentar la flexibilidad y durabilidad. Los (JEE) se vuelven rápidamente obsoletos debido a la innovación constante de los mismos, sin embargo se fabrican como artículos desechables sin considerar la capacidad de actualización y reutilización [4]. Sin embargo el manejo de los (JEE) al final de su vida útil es un proceso complejo debido a la falta de infraestructura y cultura en la población. Actualmente la forma común es el desecho de los mismos en la basura sin pensar en el reuso como medio alternativo, los juguetes en desuso ocasionan problemas, pero en sus prácticas de consumo no valoran el impacto que provocan [5].



2. METODOLOGÍA

La investigación se realizó en la ciudad de Mexicali, se aplicó una encuesta que se a los padres de familia a través de un método no probabilístico discrecional para conocer los hábitos de consumo, prácticas de manejo y conocimiento ambiental con el propósito de obtener información para el desarrollo de estrategias para el manejo sustentable de los juguetes electrónicos en desuso.

El instrumento que se utilizó para obtener la información, fue un cuestionario, se dividió en cuatro secciones. En la primera, se incluyeron los datos demográficos de la población estudiada entre ellas el número de hijos, edades y nivel de estudio de los padres. En la segunda se incluyeron preguntas sobre los hábitos de consumo para conocer los factores que consideran importantes al adquirir un juguete, frecuencia de compra, lugares y ocasiones de compra, cantidad de juguetes electrónicos que actualmente tienen en su hogar y el tipo de baterías que utilizan. En la tercera sección se analiza la categoría prácticas de manejo, en esta se incluyeron preguntas para identificar las prácticas de disposición de juguetes en desuso, así como los aspectos sociales y ambientales que consideran importantes al momento de deshacer de los juguetes electrónicos en desuso, así mismo el tiempo de vida y opciones que eligen los consumidores para disponer los juguetes electrónicos.

En la última sección se incluyeron preguntas para analizar el conocimiento ambiental que poseen los padres, e identificar en el área de salud los aspectos que los padres creen importantes para no comprar un juguete y si revisan las etiquetas al realizar la compra del (JEE).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados muestran que el nivel de estudios de los padres de familia es universitario, la edad que predomina de los hijos fue de 9 a 13 años y están de acuerdo que los juguetes electrónicos representan un problema de contaminación al final de su vida útil, porque no son dispuestos correctamente.

Con relación a los hábitos de consumo 41% de los padres, afirma que tienen del 50% al 75% de juguetes electrónicos en el hogar. Respecto los factores que consideran al comprar un juguete son la marca y popularidad, estos resultados muestran que la publicidad puede ser un factor de compra que influye en los padres de familia.

Referente a las prácticas de manejo, 63% de los padres de familia regala los juguetes que tienen en desuso, 7% lo dona a iglesias o al Desarrollo Integral de la Familia (DIF) y el 30% los dispone directamente en la basura, de estos el 63% los dispone con pilas ver figura 1, esta práctica contribuye al potencial de liberarse al medio ambiente durante el desensamble de los PAEE's y contribuir a la incorporación de contaminantes en el medio físico, alterando principalmente la composición de suelos y agua [6].

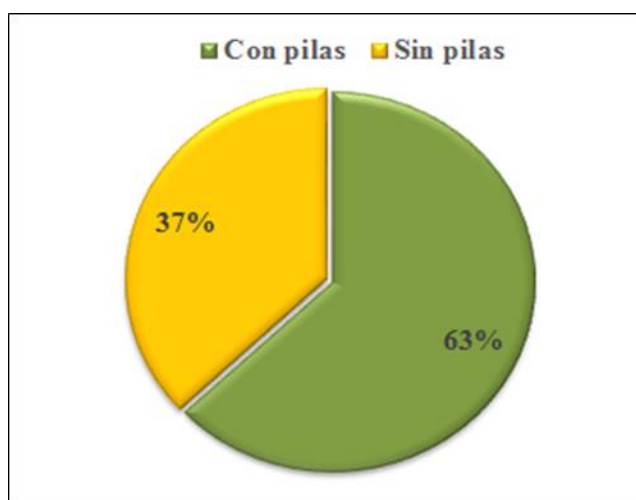


Figura 1. Disposición de juguetes con pilas

La frecuencia para disponer un juguete es de 1 a 2 años, los motivos por los cuales se deshacen de los juguetes, 22% menciona por que estan obsoletos, 21% concuerda que no caben en la casa o ya no funcionan, 19% porque estan rotos y el 17% porque no los utiliza, los resultados muestran que la tendencia del consumidor es comprar lo que esta de moda. Sin embargo la mayoría de los juguetes en desuso se pueden reutilizar o en su defecto reciclar algunos de sus componentes.

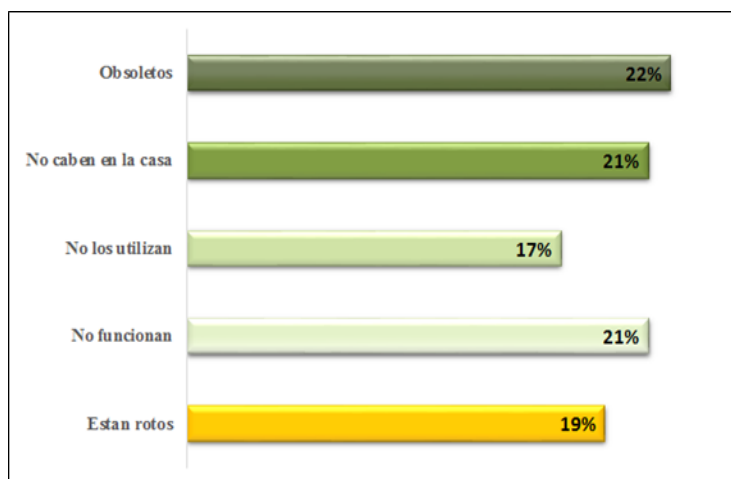


Figura 2. Disposición de juguetes con pilas

Respecto al conocimiento en el apartado ambiental 93% considera que el disponer los juguetes en desuso en la basura pueden ocasionar un problema ambiental por el tipo de materiales con los que se fabrican los juguetes electronicos, en el apartado de salud, el 46% de los padres no revisan las advertencias al comprar un juguete aunque en el etiquetado del producto se informa al consumidor sobre la edad que debe tener el infante para el uso del juguete, las sustancias toxicas y riesgo electrico.



4. CONCLUSIONES

Hasta el momento, las prácticas de manejo de los juguetes electrónicos en desuso los padres de familia manifestaron que contaminan, sin embargo no lo perciben como un riesgo al medio ambiente. Sobre los hábitos de consumo se basan en la popularidad y marca, así mismo el porcentaje de juguetes electrónicos que hay en una vivienda de la población estudiada están en el rango entre el 25% y el 50%. El tiempo en que se deshacen de los mismos es de 1 a 2 años, lo que muestra la tendencia al consumo de tecnología como entretenimiento para los niños además del corto tiempo de vida útil.

Los juguetes electrónicos son una realidad, en la actualidad los niños han crecido a la par del avance tecnológico; manejan códigos, botones y manipulan aparatos sofisticados, la sociedad ha creado una necesidad, sin embargo el manejo de éstos en países como México, aún no se visualiza como un problema en la percepción pública, por lo que es importante dimensionar el problema y obtener información que nos muestre la problemática que estos generan.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Pérez-Belis, V. Bovea, M. Gómez .A y Valencia (2012) Caracterización de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en su categoría 7 (juguetes) XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos Valencia, España.
- [2] Plowman, L. Stevenson, O. Stephen, C. Mcpake, J. (2011) Preschool Children's learning with technology at home.
- [3] Greenpace.Feature "a toxic toy story". (Julio/2014), <http://www.greenpeace.org/internacional/en/news/features/toxic-toy-story/?accept=bbbc9085e842f661cad2b1fcc36d69,2005>.
- [4] Darby, L. Obara L. (2005) Household recycling behavior and attitude towards the disposal of small electrical and electronic equipment. Resources, Conservation and Recycling 44:17–35.
- [5] Pérez-Belis, V. Bovea, M. Gómez, .A (2013) Waste eléctric and electronic toys: Management practices and characterization Resources, Conservation and Recycling 77 (2013) 1–12.
- [6] Quienly, G. Santos, D. Nunes. C, Leme, F. Iolanda, A. Rufini, J. Agnelli, L. Trevizan,F (2009) preliminary studies of laser-induced breakdown spectrometry for the determination of Ba, Cd, Cr and Pb in toys.

[Indice](#)



El Manejo y Disposición de los Residuos de Medicamentos en Guadalajara

¹Georgina Vega Fregoso*, ²Gerardo Bernache Pérez, ¹Gabriela Ávalos Rodríguez, ¹Sofía Chávez Arce

¹Centro de Educación y Cultura Ambiental, Casa Cem en Av. Chapultepec 376, Guadalajara Jalisco, CP. 44190, gvega@casacem.org. ²Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social. Unidad Occidente. gerardo.bernache@gmail.com

RESUMEN

Los productos farmacéuticos contienen sustancias químicas que se pueden encontrar en los diversos tipos de medicamentos. Todas las viviendas tienen un inventario de medicinas que usan los miembros de las familias. Los desechos de estos productos son residuos domésticos peligrosos. Por lo general los restos de productos caducos y sobrantes que quedan después de un tratamiento médico se desechan a la basura o al drenaje. El objetivo de este estudio es identificar los patrones de manejo y disposición de los medicamentos que ya no consumieron o que están caducos. También es importante entender los conocimientos y la percepción del riesgo, sobre el manejo de residuos de medicamentos, que tiene una muestra de habitantes de la zona metropolitana de Guadalajara (ZMG). Método. Se diseñó un cuestionario sobre los conocimientos, consumo, manejo y disposición de medicamentos en contextos familiares (viviendas). Se administró el cuestionario a una muestra de 837 personas mayores de edad residentes de la ZMG. Resultados. Entre otros datos, el 59% de la muestra gasta en medicamentos menos de \$100 pesos mensuales por familia, mientras que el 25% gasta entre \$100 y \$300 pesos y un 10% gasta entre \$300 y \$700 pesos. El 63% de los respondientes perciben que la inadecuada disposición de sobrantes de medicamentos ocasiona un problema de contaminación ambiental. Al mismo tiempo, el 57% de los encuestados considera que la mala disposición de residuos de medicamentos puede ser un factor de riesgo a la salud humana.

Palabras clave: Desechos, Fármacos, Medicinas, México, Residuos peligrosos domésticos,

1. INTRODUCCIÓN

Los productos farmacéuticos contienen ingredientes activos desarrollados para provocar efectos positivos en la salud y beneficiar a las personas. Sin embargo, hoy día los residuos de medicamentos en conjunto con restos de ftalatos, bifenilopoliclorados, pesticidas, furanos --entre otras sustancias-- están ocasionando problemas de contaminación y salud ambiental [1]. En México, la regulación de la disposición de medicamentos está a cargo de las autoridades del Sector Salud y de la Secretaría de Medio Ambiente; en nuestro País se han elaborado algunos estudios sobre medicamentos tanto en el Zona Metropolitana de la Ciudad de México [2] como en el Área Metropolitana de Monterrey [3]. En general se concuerda en que los medicamentos requieren una disposición de acuerdo a la normatividad, ya que por su toxicidad (composición química) constituyen un tipo importante de residuos peligrosos que si no se manejan de forma adecuada pueden ocasionar contaminación [4] [5].

En México en 1995 se estimaba que el 83% de los residuos sólidos producidos a nivel nacional no se manejaban adecuadamente, se tiraban al aire libre o se almacenaban [2]. En el caso particular de los residuos farmacológicos consideramos que, en general, las personas ignoran los mecanismos seguros para su manejo seguro y disposición final ambientalmente adecuada.



Los residuos de medicamentos son residuos peligrosos porque entraran en la denominación de la actual legislación mexicana (Art. 3 fracciones XXXI y XXXII, Reglamento en materia del residuos peligrosos, NOM – ECOL-052-1993, entre otras), no obstante no existe norma que especifique el adecuado manejo y disposición final residuos farmacológicos de medicamentos de uso común en los hogares.

En el documento titulado “Directrices de seguridad para la eliminación de productos farmacéuticos no deseados durante y después de una emergencia” realizado por la Organización Mundial de la Salud en 1999 [1] se calculó que el costo de eliminación de desechos farmacéuticos, vía incineración a altas temperaturas con equipos especiales, oscila entre los US\$2,2/kg y US\$4,1/kg; esto sin contar los impactos a la salud ambiental de esta práctica. Es importante señalar que las prácticas de manejo y tratamiento de los residuos de productos farmacéuticos no son las más adecuadas.

En un esfuerzo por coadyuvar a reducir el problema, surge el Sistema Nacional de Gestión de Residuos de Envases de Medicamentos, A.C. (SINGREM), que se autodefine como una Asociación Civil creada y dirigida por las cámaras de la industria farmacéutica y las asociaciones de farmacias dedicadas a la venta al público. El SINGREM se asume como actor que facilita el cumplimiento de las obligaciones derivadas de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos de una manera eficiente, reduciendo el costo a las compañías farmacéuticas a partir del trabajo integrado. En 2010 se puso en operación su Plan de Manejo validado por SEMARNAT y COFEPRIS.

El Plan de Manejo está dirigido al público en general y consiste en orientación sobre la disposición, así como la instalación de contenedores especiales ubicados en Farmacias para que las personas depositen ahí sus residuos y envases de medicamentos [4]. El acopio de residuos de fármacos es un primer paso para promover el tratamiento y disposición final adecuada de este tipo de residuos peligrosos. Aunque la cobertura de este Plan de Manejo ha sido reducida (no está en todas las farmacias y se concentra en las grandes ciudades) y su impacto después de cuatro años de operación es muy modesto.

El presente artículo se centra en el estudio del consumo de medicamentos y las prácticas de manejo de los residuos de medicamentos en una muestra de personas mayores de edad en la ZMG. Los residuos de medicamentos pueden ser de dos tipos: productos que ya caducaron y que ya no pueden utilizarse; y sobrantes de medicinas que están vigentes y que todavía podrían usarse. Este consumo de medicamentos por lo general se da en un contexto familiar, en las viviendas de las personas encuestadas.

2. METODOLOGÍA

El estudio se centra en el levantamiento de encuestas en una muestra de 837 habitantes de la ZMG. Se seleccionaron hombres y mujeres residentes con una edad de los 18 a los 64 años. Se aplicó la fórmula para muestreo probabilístico simple con población finita, con una variabilidad de 1.96, un margen de certeza del 95% y un error de muestreo de .05%. La muestra de 837 residentes de la ZMG provino de los cuatro principales municipios: Guadalajara (50%), Zapopan (33%), Tonalá (9%) y Tlaquepaque (8%).



El cuestionario utilizado en la encuesta tiene 34 ítems divididos en cinco categorías, a saber: 1. Variables Socio demográficas, 2. Padecimientos crónicos, 3. Gasto mensual en medicamentos, 4. Automedicación, y 5. Disposición Final. Las respuestas a las 34 preguntas incluidas en el cuestionario brindan una información amplia sobre el uso y disposición de medicamentos por personas adultas de la ZMG. La encuesta fue realizada durante un periodo de cuatro meses, de septiembre a diciembre de 2013.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados indican que un 17% de los respondientes sufren enfermedades crónicas, mientras que el 83% no las padece. De acuerdo a las respuestas, se tiene que el 59% de la muestra gasta en medicamentos menos de \$100 pesos mensuales por familia, mientras que el 25% gasta entre \$100 y \$300 pesos y un 10% gasta entre \$300 y \$700 pesos.

En cuanto a la compra de medicamentos sin receta, se reporta que el 55% de los sujetos consume de manera regular medicamentos para el dolor y el 17% solo compra medicamentos con una receta médica. La Tabla 1 muestra los tipos de medicamentos que más consumen los sujetos encuestados.

Tabla 1. Medicamentos sin prescripción de mayor consumo

Analgésicos, anti inflamatorios	Antibióticos	Otros
Naproxeno	Penicilina	Vitaminas
Buscapina	Ampicilina	Suplementos
Ketorolaco	Amoxilina	AltkaZeltzer
Terramicina		Relajantes musculares
Sedalmerk		Peptobismol
Mejoral		Ranitidina
Salbutamol		Omeprazol
Diclofenaco		
Neumelubrina		
Ibuprofeno		

El gasto en medicamentos por familia en un periodo mensual es, en general, bajo. El 59% de los encuestados respondió que gasta menos de \$100 pesos al mes, mientras que el 25% de los respondientes gasta de \$100 a \$300 pesos, y un 10% gasta de \$300 a \$700 pesos mensuales en medicamentos, un 6% de los encuestados expresa no comprar medicamentos alopáticos sino recurrir a la homeopatía y a otros procesos terapéuticos.

Como se muestra en la Tabla 2, la mayoría de las personas (el 75%) guarda los sobrantes de medicamentos que aún sirven porque no están caducos, mientras que el 90% de los respondientes tira (a la basura o al escusado) los residuos de medicamentos que ya están caducos y no sirven más.

Tabla 2. Disposición de residuos de medicamentos no caducos

¿Qué hace con sus medicamentos no caducos?		
Guardarlos	520	75.0
Donarlos	73	10.5
Regalarlos	53	7.6
Tirarlos	26	3.8
Otro	21	3.0
Total	693	100.0

En cuanto a la disposición final de medicamentos caducos, el 85% de las personas lo tiran a la basura simplemente (Figura 1). Esto a pesar de que el 63% de los sujetos reportan que saben que una inadecuada disposición de residuos de medicamentos puede ocasionar una afectación al medio ambiente.

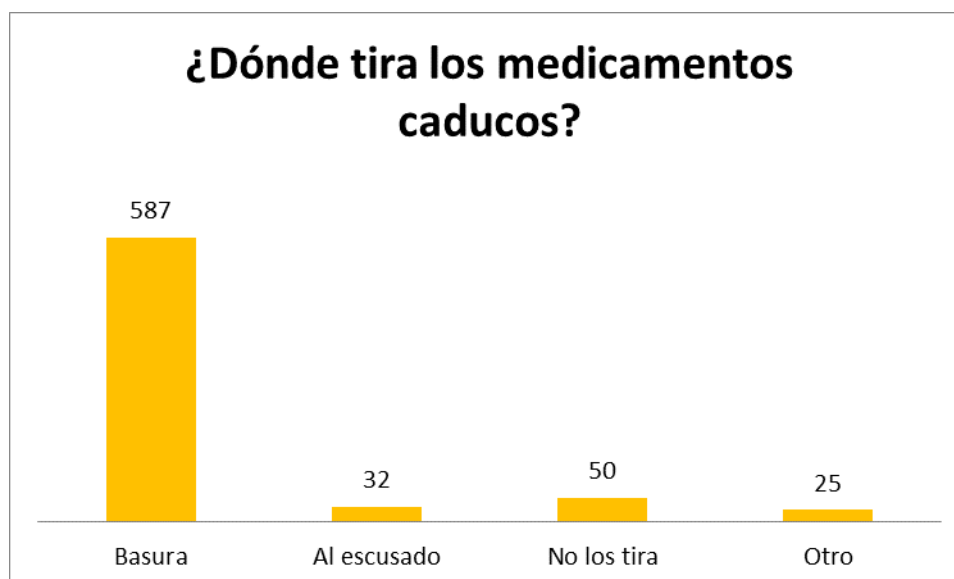


Figura 1. Práctica de disposición de desechos de medicamentos

Los resultados anteriores confirman que las prácticas de manejo de los residuos de medicamentos no son adecuadas, los residuos caducos se tiran a la basura y al escusado o bien se guardan por un tiempo en espera de ser usados nuevamente u ofrecidos a los familiares cercanos, más al final igual se tiran pues ya se han guardado por mucho tiempo y están viejos. En una pequeña proporción se opta por donar los medicamentos que aún no están caducos. A final de cuentas los residuos de medicamentos en la gran mayoría de los casos van a la basura y se mezclan con la corriente de Residuos Sólidos Urbanos (RSU), mientras que una proporción menor de residuos son desechados al drenaje vertiéndolos al escusado, fundamentalmente los jarabes.

En la Figura 2 se muestra que más de la mitad de los respondientes (57%) contestaron que los residuos de medicamentos que son desechados de manera inadecuada pueden ocasionar daños a la salud humana.

Incorrecta disposición de medicamentos y salud humana

■ No sé ■ No hay problema ■ Si hay problema ■ Otro

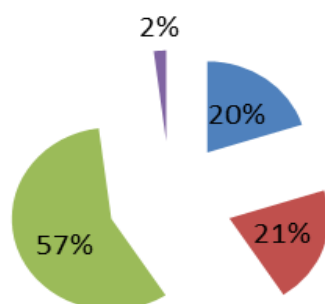


Figura 2. Impacto de los desechos de medicamentos en la salud

Por otra parte, el 84% de los encuestados respondió que no sabe o no conoce el programa de la industria farmacéutica y las farmacias en el que se brinda un servicio de recepción de desechos de medicamentos en contenedores especiales colocados en establecimientos de farmacias en todo el territorio nacional. Al mismo tiempo, el 87% de los sujetos respondió que en el futuro usaría dichos contenedores y participaría en el programa de acopio de desechos de medicamentos si está bien informado de la ubicación de las farmacias con contenedores para tal fin.

El consumo de medicamentos es significativo entre las familias mexicanas residentes en la ZMG, su gasto está presente en el presupuesto familiar a través de la compra de gran variedad de medicamentos sin receta. Los resultados indican que la mayoría de los desechos de medicamentos son tirados al bote de basura y se disponen junto con los residuos sólidos urbanos que generan las familias en sus casas.

Los sujetos identifican que la inadecuada disposición de desechos de medicamentos puede ocasionar daños ambientales y afectaciones a la salud humana, asociando que los químicos contenidos contaminan el agua, el suelo y los alimentos. Sin embargo, este conocimiento no influye para que opten por un proceso de disposición idóneo, las formas actuales de disposición final de sus desechos de medicamentos son inadecuadas. Los medicamentos se tiran al flujo de residuos municipales sin mayores consideraciones.

4. CONCLUSIONES

Los residuos de medicamentos (caducos y no caducos) constituyen un problema ambiental importante tanto por el nivel de consumo de medicamentos en las familias, como por la práctica cotidiana de tirar este tipo de residuos en el contenedor de la basura y mezclarlos en el flujo de residuos sólidos urbanos.



Los residuos de medicamentos terminan en la basura y son dispuestos sin considerar su impacto en la salud ambiental. A pesar de que los usuarios en forma general identifican un posible daño a los ecosistemas y afectación potencial a la salud humana, los residuos de medicamentos se manejan y se desechan de manera inadecuada, sin que exista una conciencia de los efectos en corto, mediano y largo plazo.

El Plan de Manejo del SINGREM y su programa para recolección y acopio de desechos de medicamentos está vigente y opera en toda la república mexicana. Sin embargo, no es bien conocido y la gran mayoría de personas no lo utiliza, sigue con la práctica de tirar los residuos a la basura doméstica y desecharlos con el flujo de los RSU. Por lo tanto, los residuos de medicamentos terminan mezclados con el resto de residuos y pasan por un manejo tradicional de recolección y transporte hasta que se entierran en los rellenos sanitarios municipales que no están diseñados para recibir este tipo de residuos peligrosos, lo que contribuye a sumar más elementos a la contaminación ambiental asociada a los sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos post consumo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Proyecto Ecovía, Vías Verdes, A.C. y al grupo de estudiantes voluntarios de la Preparatoria Cervantes Costa Rica por su apoyo para la realización de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] World Health Organization (2012) *Pharmaceuticals in drinking-water*. Paris, France. Versión electrónica.
- [2] Instituto Nacional de Ecología, INE (2007) *Tratamiento y disposición final de fármacos caducos*, versión electrónica disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/gacetas/278/tratamiento.html>
- [3] Garza Cantú, Elda Guadalupe (2001) *Estudio Descriptivo del Manejo de los Medicamentos caducos en el Área Metropolitana de Monterrey*, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Civil. Monterrey.
- [4] Organización Mundial de la Salud OMS (1999) *Directrices de seguridad para la eliminación de productos farmacéuticos no deseados durante y después de una emergencia*, Departamento de Medicamentos Esenciales y Política Farmacéutica. Washington, D.C.
- [5] Sistema Nacional de Gestión de Residuos de Envases de Medicamentos, SINGREM A.C. (2011) Presentación Ejecutiva al grupo de Compliance, CANIFARMA, Junio 06. México, D.F.
- [6] Claudia Patricia Hernández Barrios, Georgina Fernández Villagómez, y Jorge Sánchez Gómez (1995) *Manual para el tratamiento y disposición final de medicamentos y fármacos caducos*. Primera edición. Instituto Nacional de Ecología. Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) <http://www.bvsde.paho.org/bvsarp/e/fulltext/farmacos/farmacos.pdf>

[Índice](#)



VII

Sociedad y Gobierno

“Nunca dudes que un pequeño grupo de Ciudadanos conscientes y comprometidos, puedan cambiar el mundo: de hecho, es lo único que lo ha logrado”.

Antropologa Margaret Meade

[Indice](#)



Perfiles de Comportamiento Ambiental del Consumidor: Un Estudio Comparativo

¹Wendolyn Elizabeth Aguilar Salinas, ²Sara Ojeda Benítez, ¹Samantha Eugenia Cruz Sotelo

¹ Facultad de ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California, Blvd. Benito Juárez y Calle de la Normal S/N, Colonia Insurgentes Este, Mexicali, Baja California, CP: 21280, México. Tel. 52(686)5664170. E-mail: aguilar.wendolyn@uabc.edu.mx

²Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California.

RESUMEN

El consumo de productos con múltiples empaques y embalajes dañan al medio ambiente, por medio de la generación excesiva de residuos sólidos que se arrojan al medio ambiente, provocando contaminación en agua, aire y suelos. Debido a esto, es necesario buscar una estrategia que permita la disminución de dicha cantidad de residuos. Siendo el causante de este proceso el consumidor, es importante identificar los componentes básicos de su comportamiento y la relación de éste con el medio ambiente. El objetivo de este estudio, es retomar la metodología desarrollada Barreiro y colaboradores en el 2002, para determinar cinco perfiles de comportamiento ambiental, a través de una estructura de análisis basada en las dimensiones cognitiva y afectiva de la conducta de compra de los individuos. La determinación de estos perfiles, se basó en una muestra representativa de la población de Mexicali, realizada por medio de una encuesta de tipo Likert, que permitiera la relación con dicho estudio y evaluar sus resultados. Esto promueve la comparación de perfiles de comportamiento ambiental en dos ciudades distintas, estableciendo la diferencia entre ambas.

Palabras Clave: *Dimensión cognitiva, Dimensión afectiva, Consumo, Medio ambiente, Residuos sólidos.*

1. INTRODUCCIÓN

El rápido crecimiento de la población, urbanización, industrialización y desarrollo económico han dado como resultado la generación de residuos sólidos en áreas residenciales en todo el mundo, pero particularmente en las ciudades en desarrollo y rápido crecimiento [1]. La conciencia de que un manejo indebido de residuos conduce a la contaminación del agua, el suelo, la atmósfera y la salud pública, ha causado que los países en desarrollo aborden esta cuestión con mayor urgencia [2]-[3]. El inadecuado manejo de los residuos sólidos en las ciudades es perjudicial para la salud humana y ocasiona pérdidas económicas, ambientales y biológicas [4]. Por lo que, la gestión de residuos sólidos es uno de los temas más difíciles que enfrentan los países en desarrollo, que sufren problemas graves de contaminación causados por la generación de residuos [5]. Por tal motivo, es importante buscar estrategias que permitan la reducción en la generación de residuos sólidos, buscando minimizar el impacto ambiental que acarrearán. Una estrategia, es el conocimiento del proceso de compra y pos-compra de un producto [6], para el desarrollo de tácticas que permitan reducir la cantidad de residuos desde la fuente. Uno de los actores que deben ser estudiados para disminuir la cantidad de residuos desde la fuente y aminorar el impacto ambiental, son los consumidores. Conocer su comportamiento y buscar que adquieran productos que no dañen al ambiente y que al mismo tiempo no les afecte modificar sustancialmente sus estilos de vida, es primordial.

2. METODOLOGÍA

Mexicali, capital de Baja California, México (Figura 1), representa cerca del 18% de la superficie total del estado y 0.7% del país, con una generación diaria de residuos sólidos domiciliarios de 0.8565 kilogramos por habitante por día, por lo que es importante conocer los perfiles de los generadores de estos volúmenes de residuos.



Figura 1. Ubicación de la ciudad de Mexicali

Para la obtención de la información, se desarrolló una investigación cualitativa, a través de un instrumento que contenía variables socioeconómicas y demográficas, sobre la conducta de reciclaje, la generación de residuos sólidos domiciliarios, la compra de productos ecológicos, las tendencias de consumo, actitudes, personalidad y de grado de conocimiento e información sobre aspectos medioambientales, entre otros, basados en la escala de comportamiento ecológico, escala de creencias ambientales y escala que mide las actitudes, etc. La medición se realizó con una escala Likert de cinco puntos (1 = Totalmente en desacuerdo hasta 5 = Totalmente de acuerdo). La investigación manejó una segmentación basada en la variable sociodemográfica, que es, el estrato socioeconómico (Figura 3). Para ello se dividió a la ciudad en siete estratos socioeconómicos (Residencial, Medio, Popular, Interés social, Popular progresista y Precario y Granjas).

Se realizó el tamaño de la muestra con una precisión del 90%, por medio de la cual se determinó 1800 viviendas a encuestar, haciendo un total de 2831 debido a la gran participación de la población. Para el análisis de la información que proporcionaron los encuestados, se utilizó la clasificación que realizaron en su estudio Barreiro, López y Díez de Castro en el 2002, donde encontraron seis tipos de comportamientos: Verdes Escépticos, Despreocupados Informados, Verdes Institucionales, Pasotas, Verdes Sociales y Verdes Despistados, basados en factores como el conocimiento medioambiental, conciencia ambiental, preocupación por problemas ecológicos y descarga de la responsabilidad.

El análisis de los datos, se basó en el modelo multiatributo de Fishbein (1963), desarrollado para el estudio de las actitudes. En este modelo, los atributos son características o asociaciones que el consumidor realiza con relación al objeto, por lo que será utilizado para cada una de las variables que analizadas, generando los porcentajes correspondientes para cada una, que permitan evaluar directamente a cada tipo de comportamiento del consumidor.

Para la variable e que evalúo el atributo, desde el índice 1 al 5, encontramos factores tales como:

e_1 = Psicográficas

e_2 = De información y conocimiento medioambiental

e_3 = Hábitos de consumo



e_4 = Prácticas proambientales

e_5 = Responsabilidad

Y para la variable b , desde el índice 1 a 5, donde se utilizaron los valores de Positivo, Realista, Indiferente, Pasivo, y Negativo, respectivamente, las cuales nos dieron la valoración a cada factor. En la tabla 1, se presenta el proceso realizado para la determinación del valor asociado al consumidor.

Debido a que la encuesta fue distinta, se tuvo que categorizar para relacionar ambos resultados. Se realizó una sumatoria por cada una de las variables a medir por la evaluación correspondiente a cada individuo, para determinar su intensidad.

Tabla 1. Determinación del valor correspondiente a cada individuo por factor analizado.

	Factores que intervienen en el comportamiento del consumidor.				
Evaluación	e_1	e_2	e_3	e_4	e_5
Positivo (b_1)	b_1e_1	b_1e_2	b_1e_3	b_1e_4	b_1e_5
Realista (b_2)	b_2e_1	b_2e_2	b_2e_3	b_2e_4	b_2e_5
Indiferente (b_3)	b_3e_1	b_3e_2	b_3e_3	b_3e_4	b_3e_5
Pasivo (b_4)	b_4e_1	b_4e_2	b_4e_3	b_4e_4	b_4e_5
Negativo (b_5)	b_5e_1	b_5e_2	b_5e_3	b_5e_4	b_5e_5
Total por factor:	$\sum_{i=1}^5 b_i e_1$	$\sum_{i=1}^5 b_i e_2$	$\sum_{i=1}^5 b_i e_3$	$\sum_{i=1}^5 b_i e_4$	$\sum_{i=1}^5 b_i e_5$

Una vez calculados los valores correspondientes a cada variable, se pudo identificar a cada consumidor (Tabla 2), mediante dicha clasificación, lo que nos permitió identificar el nivel de comportamiento que cada consumidor posee. Para ello agruparemos los factores e_1 , e_3 y e_4 en conducta concreta, e_2 en información y conocimiento medioambiental y e_5 como la responsabilidad adquirida en la compra de productos y su correspondiente generación de residuos.

Tomando el valor correspondiente de los factores que fueron analizados para conocer el comportamiento de los consumidores, se pudo llegar a determinar el nivel en la clasificación. Lo que permitió continuar con el análisis donde agruparemos los factores asociados a cada uno de estos niveles, e identificar el tipo de comportamiento que llevan a cabo.

Tabla 2. Determinación del comportamiento del consumidor, siguiendo la clasificación de Barreiro

y colaboradores (2002).

	Factores que intervienen en el comportamiento del consumidor.		
Evaluación	$e_1 + e_3 + e_4$	e_2	e_5
Verdes Escépticos	$\sum_{i=1}^5 \sum_{j=1,3,5}^5 b_i e_j \leq b_3$	$\sum_{i=1}^5 b_i e_2 > \mu$	$\sum_{i=1}^5 b_i e_5 = b_1$
Despreocupados informados	$\sum_{i=1}^5 \sum_{j=1,3,5}^5 b_i e_j = b_3$	$\sum_{i=1}^5 b_i e_2 < b_1$	$\sum_{i=1}^5 b_i e_5 > b_3$
Verdes institucionales	$\sum_{i=1}^5 \sum_{j=1,3,5}^5 b_i e_j < b_3$	$\sum_{i=1}^5 b_i e_2 = \mu$	$\sum_{i=1}^5 b_i e_5 = b_2$
Pasotas	$\sum_{i=1}^5 \sum_{j=1,3,5}^5 b_i e_j \geq b_4$	$\sum_{i=1}^5 b_i e_2 = b_5$	$\sum_{i=1}^5 b_i e_5 = b_3$
Verdes sociales	$\sum_{i=1}^5 \sum_{j=1,3,5}^5 b_i e_j > \mu$	$\sum_{i=1}^5 b_i e_2 > \mu$	$\sum_{i=1}^5 b_i e_5 \geq b_2$
Verdes despistados	$\sum_{i=1}^5 \sum_{j=1,3,5}^5 b_i e_j \geq b_4$	$\sum_{i=1}^5 b_i e_2 \leq b_2$	$\sum_{i=1}^5 b_i e_5 \leq b_1$

3. RESULTADOS

Siguiendo el lineamiento de Barreiro y colaboradores, para entender un poco más sobre cada perfil, se puede decir que los verdes escépticos, son aquellos con un nivel de conocimiento superior a la media, que muestran una moderada preocupación por las cuestiones ecológicas y que no confían en que los problemas ecológicos se arreglen a través de la responsabilidad que puedan tener los países, los gobiernos y, sobre todo, la sociedad. Los despreocupados informados, cuentan con el mayor nivel de conocimiento ecológico de todos los grupos pero con una despreocupación por la protección del medio ambiente, con el convencimiento de que este problema es responsabilidad básicamente de los países y de los gobiernos, no de la sociedad y menos aún de uno mismo. Los verdes institucionales, tienen un nivel de conocimiento cercano a la media, un alto nivel de concienciación ambiental pero con el convencimiento de que es la sociedad y, sobre todo, los países, los que deben asumir la labor de protección del medio ambiente, ya que poco o nada pueden hacer los gobiernos en ese sentido. Los pasotas, tienen un nivel de conocimiento muy bajo, una escasa preocupación por los problemas ambientales y por su protección y un escaso interés por indagar quiénes son los responsables de esa tarea. Los denominados verdes sociales, con un nivel de conocimiento muy por encima de la media, un elevado nivel de conciencia de los problemas derivados básicamente de las agresiones que con la contaminación

hacemos a nuestro entorno y con el convencimiento de que para solucionar los problemas ecológicos es fundamental el papel del gobierno y, sobre todo, de la sociedad. Y por último, los verdes despistados, ya que incluye a todos aquellos que tienen un bajo nivel de conocimiento, lo que es coherente con el hecho de que, a pesar de preocuparse por la protección del medio ambiente, no reconocen los problemas derivados de la contaminación, descargando la responsabilidad de esa protección sobre los países y, fundamentalmente, sobre los gobiernos, al considerar que poco puede hacer la sociedad en ese sentido.

Para determinar la cantidad de consumidores que están asociados a cada perfil de comportamiento, se calcularon medias, se realizaron condiciones lógicas, sumatorias y ponderaciones. El resultado obtenido se muestra en la Figura 2. Una vez establecido los porcentajes correspondientes a los perfiles de comportamiento, el siguiente paso es contrastar con el estudio mencionado, lo cual se muestra en la Figura 3.

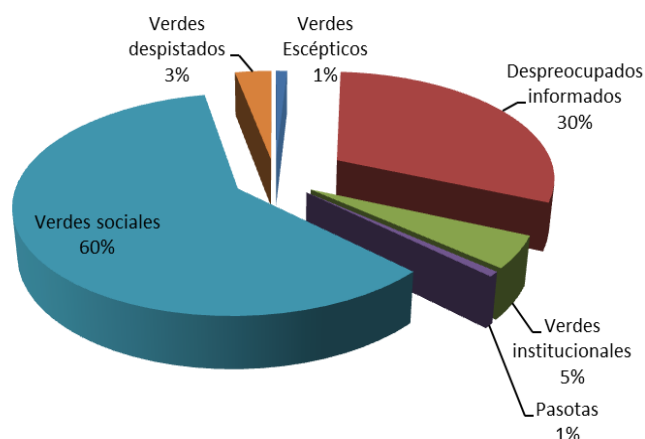


Figura 2. Porcentajes asociados a perfiles de comportamiento.

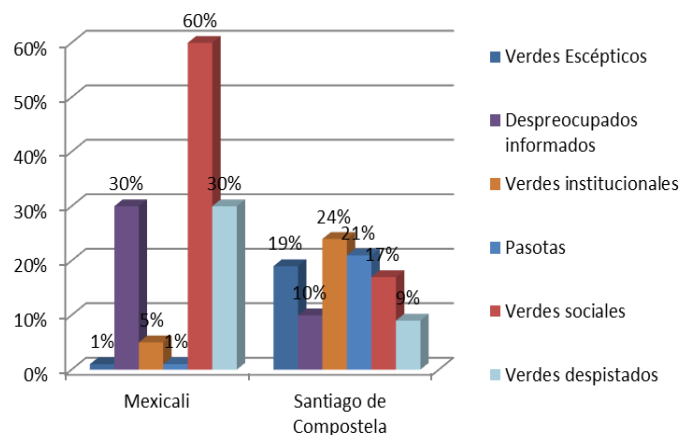


Figura 3. Relación entre los perfiles de comportamiento del consumidor

4. CONCLUSIONES

Es importante mencionar que el estudio del comportamiento del consumidor se rige por una gran cantidad de factores que modifican su conducta, dentro de estos y que no fueron considerados para el estudio se encuentran las variables situacionales y ambientales. La metodología y el análisis propuesto se basó única y exclusivamente para la interpretación de estos perfiles de comportamiento y para generar las relaciones con el estudio.

Es importante mencionar que en México todavía no se cuenta con productos ecológicos como en otras partes del mundo y categorizar al consumidor por medio de la variable ecológica es complicado. Por tal motivo se tuvo que considerar al consumidor ecológico como aquella persona preocupada por la conservación del medio ambiente, que desarrolla prácticas y hábitos de consumo procurando la disminución en la generación de residuos sólidos y deterioro del entorno.

Se pudo observar que al relacionar dos ciudades que se encuentran tan distantes una de la otra, que cuentan con diferencias tanto culturales como geográficas, es lógico que presentan resultados muy distintos aunque se les evalúe de la misma forma.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



- [1] Afroz, R., & Masud, M. M., 2011. Using a contingent valuation approach for improved solid waste management facility: evidence from Kuala Lumpur, Malaysia. *Waste management (New York, N.Y.)*, 31(4), 800–8.
- [2] Batool, S. A., & Chuadhry, M. N., 2009. The impact of municipal solid waste treatment methods on greenhouse gas emissions in Lahore, Pakistan. *Waste management (New York, N.Y.)*, 29(1), 63–9.
- [3] Sharholi M, Ahmad K, Mahmood G, Trivedi RC., 2008. Municipal solid waste management in Indian cities – a review. *Waste Management*, 28(2), 459–67.
- [4] Moghadam, M.R.A., Mokhtarani, N., Mokhtarani, B., 2009. Municipal solid waste management in Rasht City, Iran. *Waste Management*, 29, 485–489.
- [5] Al-Khatib, I. a, Monou, M., Abu Zahra, A. S. F., Shaheen, H. Q., & Kassinos, D. (2010). Solid waste characterization, quantification and management practices in developing countries. a case study: Nablus district - Palestine. *Journal of environmental management*, 91(5), 1131–8.
- [6] Cândido, L., Kindlein, W., Demori, R., Carli, L., Mauler, R., & Oliveira, R. (2011). The recycling cycle of materials as a design project tool. *Journal of Cleaner Production*, 19(13), 1438–1445.
- [7] Barreiro, J., López, M., Losada, F., & Ruzo, E., 2002. Análisis de las dimensiones cognoscitiva y afectiva del comportamiento ecológico del consumidor, *Distribución y consumo*, 11(2), 1-21.
- [8] Fishbein, M., 1963. An Investigation on Relationship Between Beliefs About an Object and the Attitude Toward the Object. *Human Relations*, 16, 233-240.

[Indice](#)



Perfil de Comportamiento del Consumidor Basado en el Nivel de Conciencia Ambiental

¹Wendolyn Elizabeth Aguilar Salinas, ²Sara Ojeda Benítez, ¹Samantha Eugenia Cruz Sotelo

¹ Facultad de ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California, Blvd. Benito Juárez y Calle de la Normal S/N, Colonia Insurgentes Este, Mexicali, Baja California, CP: 21280, México. Tel. 52(686)5664170. E-mail: aguilar.wendolyn@uabc.edu.mx

²Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California.

RESUMEN

La conservación del medio ambiente es un tema de gran importancia, ya que el ser humano a medida que avanza destruye las áreas naturales que se encuentran a su paso. Como parte de esta destrucción, se encuentra la extinción y la contaminación que se da en el proceso de compra y consumo de los individuos, por lo que es necesario analizar los determinantes básicos de ese comportamiento. En este trabajo se utiliza una muestra representativa de la ciudad de Mexicali, mediante una técnica de clusterización difusa para analizar los componentes que residen en la base del comportamiento ambiental del consumidor, el nivel de conocimiento y la conciencia ambiental, tratando de establecer una clasificación de comportamientos basados en la estructura de la conciencia ambiental y su relación con el consumidor. El resultado es la generación de cinco perfiles de comportamiento que agrupan a la totalidad de la población.

Palabras Clave: *Clusterización difusa, Consumo, Medio ambiente, Proceso de compra.*

1. INTRODUCCIÓN

El medio ambiente es un bien público que constantemente se ve amenazado por la acción humana. Este hecho hace que la preocupación por el progresivo deterioro del mismo se vea acrecentada desde mediados del siglo pasado [1]. Por lo que la cantidad de estudios sobre cuestiones ambientales ha ido en aumento [2]-[3]. Debido a esto y ya que en la actualidad uno de los mayores problemas ambientales que se manifiestan en las ciudades es la generación excesiva de residuos sólidos urbanos, se debe evaluar su ciclo de vida haciendo hincapié en la etapa de generación, ya que al disminuir la cantidad de residuos sólidos que se generan, se aminora el impacto ambiental que estos acarrear.

Dicha generación de residuos, es una consecuencia directa de cualquier tipo de actividad desarrollada por el hombre; actualmente existe una sociedad de consumo que genera gran cantidad y variedad de residuos procedentes de un gran abanico de actividades. En los hogares, oficinas, mercados, industrias, hospitales, etc. se producen residuos que es preciso recolectar, tratar y eliminar adecuadamente. De tal manera, es necesario conocer los aspectos que intervienen en el comportamiento del consumidor, para analizar y establecer sus relaciones, y evaluar el cómo estas afectan su relación con el medio ambiente.

Por lo que investigadores del comportamiento del consumidor tratan de explicar los patrones de conducta de los individuos en el proceso de decisión de compra, mediante la utilización de grupos de factores [1], afirmando que no es nada fácil comprender y conocer el comportamiento del consumidor, ya que los individuos no son coherentes con lo que dicen y lo que hacen, y que esto se debe a la reacción que tienen sobre la influencia de dichos factores [4], que dan origen a la generación de residuos, ya determinan la capacidad de compra de productos [5].

Por ello, se deben considerar todos los factores que influyen en su comportamiento, y que afectan los comportamientos ambientales que se vuelven causantes de la generación de residuos. Debido a la gran cantidad de factores involucrados en el proceso, se analizaron en esta investigación únicamente las variables que intervienen en el desarrollo de una conciencia ambiental, psicográficas, ya que han demostrado que éstas tienen mayor relación con su comportamiento

medioambiental [2], [6], las cuales son muy difíciles de medir [7] y describen características de los consumidores que otras variables no pueden.

2. METODOLOGÍA

Mexicali, capital de Baja California, México, representa cerca del 18% de la superficie total del estado y 0.7% del país, esto es alrededor de 13,936 Km² con 936,826 habitantes en el 2010. En Mexicali, la generación diaria de residuos sólidos domiciliarios es de 0.8565 kilogramos por habitante por días, por lo que es importante conocer los perfiles de los generadores de estos volúmenes de residuos.

2.1 Modelo conceptual para determinar el nivel de conciencia ambiental

Para identificar las variables necesarias para diseñar un instrumento que permita obtener información sobre los comportamientos de consumo, se tomaron como referencia algunos de los factores utilizados en diversos modelos [8]–[10], que permitan analizar el comportamiento del consumidor y su relación con el medio ambiente.

El modelo propuesto se centra en el análisis e inclusión de las variables psicográficas, importantes para definir un comportamiento. Entre las variables que incluye están la actitud, las creencias y el conocimiento ambiental (Figura 1). Las actitudes estarán basadas en la escala que mide las actitudes [11], dentro de las que se analizarán los componentes cognitivo, afectivo e intencional, basándose en el compromiso verbal, real y afectivo del consumidor, y detectar por medio de estas, si el consumidor tiene una actitud positiva o negativa con respecto al medio ambiente. Donde, el componente cognitivo, será el conocimiento o acción que es correcta o incorrecta. El componente afectivo, los valores y sentimiento que se tienen sobre cierta cuestión y objeto. Y el componente intencional, el empeño o propósito mostrado por los individuos con el fin de actuar de una forma determinada.

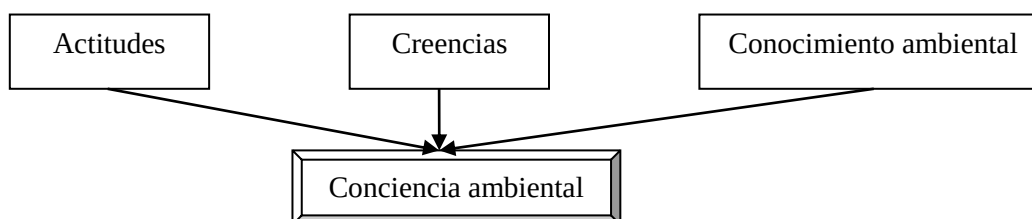


Figura 1. Nivel de conciencia ambiental del consumidor.

Las creencias serán analizadas como representaciones culturales de eventos que tienen existencia para un individuo, más allá de la percepción directa. Las creencias a ser consideradas, son las creencias ambientales, dentro de las cuales se encuentran las creencias de conservación, austeridad y dispendio material. Donde a las Creencias de Austeridad las delimitaremos en términos de convenciones referidas a la limitación del consumo debido a que el ahorro es lo prescrito por la cultura. A las de dispendio material (o Creencias Materiales) se les caracterizará en función de la prescripción social de favorecer las necesidades del individuo frente a las restricciones que las situaciones formulen. Por último, las de Conservación se definen por la prescripción social de optimizar los recursos, constituyendo por lo tanto, un punto intermedio entre la austeridad y el dispendio material [12].

Por último, la variable de información y conocimiento ambiental, porque esta proporciona la intención que lo impulsa a comportarse de cierta manera. Para su medición, se consideraron factores de separación, reuso y reciclaje, productos ecológicos o peligrosos, responsabilidad, generación, transporte, recolección y disposición final de los residuos, etc.

La conciencia ambiental se mostrará como resultado de la interacción entre estas tres variables. Esta, identificará la voluntad del consumidor para comportarse de cierta manera frente a la decisión de comprar o no cierto producto, o se



comporte de cierta manera en el proceso de compra, procurando proteger al medio ambiente y contribuyendo a su conservación.

2.2 Diseño del instrumento y tamaño de muestra

Se desarrolló un instrumento para aplicarse a la población, que contenía las tres variables que permitirían medir la conciencia ambiental del consumidor. La medición se realizó con una escala Likert de cinco puntos (1 = Totalmente en desacuerdo hasta 5 = Totalmente de acuerdo), para aplicarse a las amas de casa de la ciudad de Mexicali, con una precisión del 90% para el tamaño de muestra. El número total de viviendas a encuestar, se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Número de viviendas a encuestar por estrato socioeconómico.

Estrato	Muestra (n)	Viviendas encuestadas
Residencial	261	268
Medio	266	488
Popular	269	619
Interés Social	269	477
Popular Progresista	268	416
Precario	242	282
Granjas	225	281

2.3 Modelo difuso para el análisis de la conciencia ambiental del consumidor

Para el análisis de los datos sobre el comportamiento ambiental del consumidor, se utilizó el modelo multiatributo de Fishbein (1963), desarrollado para el estudio de las actitudes. Este modelo propone que la actitud hacia un objeto es el conjunto sumado de creencias respecto a los atributos de éste y ponderado según la evaluación de dichos atributos. En este modelo, los atributos son características o asociaciones que el consumidor realiza con relación al objeto, el modelo se usó para cada variable analizada generando valores para cada una, evaluando directamente cada comportamiento del consumidor. Para establecer la intensidad del atributo, se utilizaron valores del 1 al 5, siendo estos: Positivo, Realista, Indiferente, Pasivo y Negativo. Los niveles de intensidad van del comportamiento más ecológico al menos ecológico.

Después se generó un análisis de clúster, con el objetivo de particionar el conjunto de datos en un número de subconjuntos naturales y homogéneos, donde los elementos de cada subconjunto son tan similares entre sí como sea posible y al mismo tiempo tan diferentes de los otros conjuntos como sea posible [13]. Al identificar a grupos de personas con características similares pero diferentes de otros grupos, se pueden conocer patrones representativos de un determinado grupo social con hábitos de compra similares, lo que permite un análisis y tratamiento adecuado para cada tipo de población.

3. RESULTADO Y DISCUSIÓN

Para la determinación de los perfiles asociados a una conciencia ambiental, se introdujo a la técnica de clusterización difusa, la intensidad de las variables asociadas, haciéndose un análisis de las características del modelo. La figura 2 muestra el comportamiento de las variables que influyen en la conciencia ambiental, en donde se observa, que a pesar de que la actitud y el conocimiento ambiental son positivos, no alcanzan a desarrollar una intención a favor del medio ambiente. Cuando la conciencia ambiental se vuelve indiferente para la población, es porque sus actitudes, creencias y conocimiento del medio ambiente se han tornado negativos. Cabe aclarar que la población estudiada, únicamente se

encuentra en rangos positivos de conciencia ambiental, lo que significa que pueden desarrollar un comportamiento ambiental durante el proceso de compra.

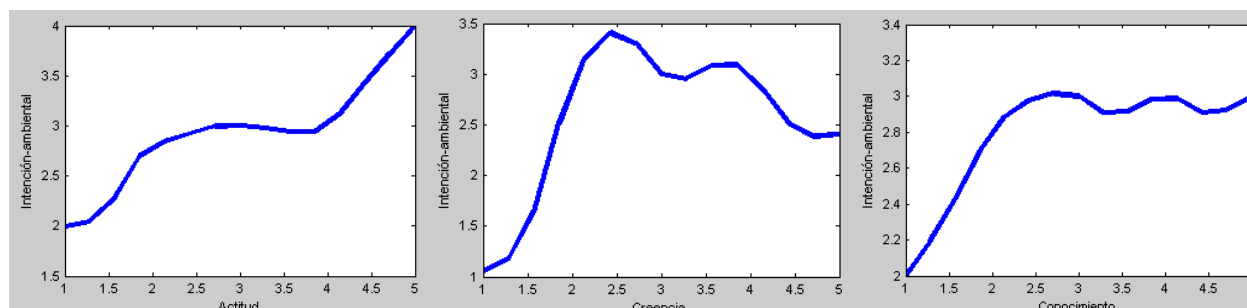


Figura 2. Evaluación de las variables asociadas a la conciencia ambiental.

En la figura 3, se muestran las relaciones entre cada dos variables que determinan la conciencia ambiental del consumidor, observándose que cuando las creencias y actitudes son protectoras del ambiente, influyen en la intención del consumidor para desarrollar comportamientos sustentables, al igual que al contar con conocimiento sobre el medio ambiente, su protección y cuidado. También se encontró, que cuando las actitudes del consumidor son negativas, pero posee conocimiento sobre cuestiones ambientales, la intención ambiental presenta rangos positivos.

En la tabla 2, se muestran los resultados sobre el nivel de conciencia ambiental que se encuentra en la población estudiada, generando cinco perfiles de comportamiento, donde se observa la intensidad que predomina en las variables por perfil de conciencia.

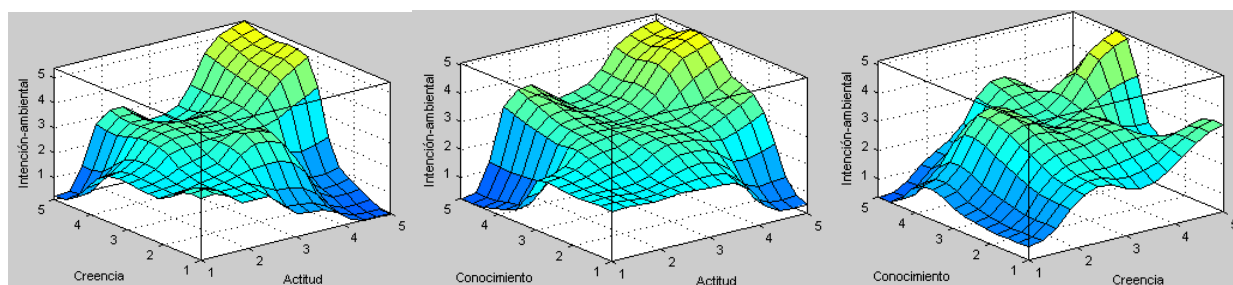


Figura 3. Comportamiento de la variable conciencia ambiental y su relación con las actitudes, creencias y conocimiento ambiental.

Tabla 2. Perfiles de conciencia ambiental

Variables involucradas	Positivo	Realista	Indiferente	Pasivo	Ausente
Conocimiento medioambiental	1	[1 2]	[2 4]	3	[2 4]
Actitud	1	[1 3]	[3 4]	4	[4 5]
Creencia	1	[2 3]	[3 4]	3	4



En lo que respecta a las variables involucradas y que influyen en el consumidor en el desarrollo de comportamientos protectores del medio ambiente, se ha comprobado que las psicográficas son las que tienen mayor relación con este tipo de comportamientos [2], [6], y son difíciles de medir [7], ya que son variables de tipo subjetivo, donde las creencias y actitudes se vuelven una predisposición a actuar de una manera ambiental [3], [14]. Sin embargo, es evidente que aunque la protección ambiental ha ganado puestos en la escala de valores del individuo, sigue habiendo importantes divergencias entre la actitud del consumidor hacia el medio ambiente y su comportamiento de compra [15]. Estas actitudes no se traducen directamente en comportamientos de reciclaje, ya que las actitudes positivas por si solas no pueden garantizar la acción [16], pero si aumentan la probabilidad de desarrollarla [17], por lo que pueden generar una conciencia ambiental, que no se traduce directamente en un comportamiento ambiental.

4. CONCLUSIONES

Como resultado del modelo se generó la conciencia ambiental, que produjo una salida de positivo a negativo para esta variable, mostrando desde intenciones positivas hasta negativas. Se observó durante el análisis, que por más positiva que sea su actitud y su conocimiento del medio, la conciencia ambiental se torna apenas realista, sin alcanzar su mayor grado de realización. Aunque el contar con conocimiento e información sobre las cuestiones ambientales aumenta el nivel de conciencia para el desarrollo de comportamientos proambientales. Sin embargo, ya que la población oscila en rangos positivos de conciencia ambiental, esto implica lo proclives que están a desarrollar este tipo de comportamientos, manifestando que están conscientes del daño que como consumidores le ocasionan al medio ambiente y de que es necesario hacer algo para aminorar el impacto que tienen los residuos que se generan.

El porcentaje obtenido para cada perfil encontrado y que predomina en la población estudiada es de 3.1% para los positivos, 60.4% es realista, mientras que el 35% manifiesta una conciencia ambiental de indiferencia, dejando a 1.4% y 0.1% a pasivos y ausentes, respectivamente. Esto refleja que más del 60% de los consumidores están conscientes del daño que sus prácticas de consumo provocan al ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Fraj, E., 2003. Las variantes demográficas y socioeconómicas como determinantes del comportamiento de reciclaje: Su importancia sobre la gestión de residuos sólidos, *Revista de gestión pública y privada*, 8, 103-118.
- [2] Chan, R. y K., 2001. Determinants of Chinese Consumers Green Purchase Behavior: Psychology and Marketing, *Psychology and Marketing*, 18, 389-413.
- [3] Pato, C., Ros, M. & Tamayo, A., 2005. Beliefs and Ecological Behavior : an empirical study with Brazilian students. *Director, Medio ambiente y comportamiento humano*, 6(1), 5-22.
- [4] Kotler, P., 2000. Dirección de Marketing, Prentice-Hall Editores.
- [5] Buenrostro, D.O., Bocco, G., Bernache, G., 2001. Urban solid waste generation and disposal in Mexico: a case study. *Waste Management and Research*, 19, 169- 176.
- [6] Ramanaiah, N.V., Clump, M. y Sharpe, J.P., 2000. Personality Profiles of Environmentally Responsible Groups, *Psychological Reports*, 87, 176-8.
- [7] Santesmases, M., 2001. Dyane. Diseño y análisis de encuestas en investigación social y de mercados. Versión 2. Pirámide.
- [8] Barr, S., Gilg, A., & Ford, N., 2005. Defining the multi-dimensional aspects of household waste management : A study of reported behavior in Devon. *Conservation And Recycling*, 45, 172-192.
- [9] Bigné, E., 1997. El consumidor verde: bases de un modelo de comportamiento. *ESIC Market*, abril-junio, 29- 43.



- [10] Ajzen, I. & Fishbein, M., 1977. Attitude-behaviour relations: A theoretical analysis and review of empirical research. *Psychological Bulletin*, 888-918.
- [11] Maloney, M., & Ward, M., 1973. Ecology: Let's hear from the people: An objective scale for the measurement of ecological attitudes and knowledge, *American Psychologist*, 28, 283-586.
- [12] Obregón, F.J., 1996. Sistema de creencias y conducta protectora del ambiente. Universidad de Sonora, División de ciencias sociales, Tesis, encontrado en: <http://kunkaak.psicom.uson.mx/maestria/informacion/TESISFOS.htm>
- [13] Jantzen, J. (1998). Neurofuzzy Modelling. *In Practice*, 874(98), 1–28.
- [14] Fraj, E., & Martínez, E., 2004. El consumo ecológico explicado a través de los valores y estilos de vida. Implicaciones en la estrategia medioambiental de la empresa, *Cuadernos de Ciencias Económicas y Empresariales*, 46, 33-53.
- [15] Vicente, M. A., 2002. Posicionamiento ecológico: pautas de acción a partir de los frenos a la compra ecológica, *Boletín Económico de Información Comercial Española*, 2725, 43-51.
- [16] Hornik, J., Cherian, J., & Madansky, M., 1995. Determinants of Recycling Behavior : A Synthesis of Research Results. *Direct*, 24(1), 105–127.
- [17] Best, H., & Kneip, T., 2011. The impact of attitudes and behavioral costs on environmental behavior: A natural experiment on household waste recycling. *Social Science Research*, 40(3), 917–930.

[Indice](#)



La Separación de Residuos Sólidos en una Institución de Educación Superior

Cristina Barrientos Durán¹, José Marcos Bustos Aguayo², Verónica Durán Carmona³

¹ Facultad de Psicología, UNAM, Av. Guelatao No. 66 Col. Ejercito de Oriente, Iztapalapa,

C.P. 09320, México, D. F. Cub. A412-PA-07, Tel. 56230562, cristina2902@gmail.com;

² Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM;

³ Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

RESUMEN

Las instituciones de educación superior son microsistemas que se enfrentan a graves problemas ambientales y el manejo integral de los residuos que generan es un aspecto troncal de su sustentabilidad. El objetivo de la investigación fue implementar una estrategia psicosocial para separar los residuos sólidos en una institución universitaria. El estudio se dividió en dos etapas: primero se identificaron los elementos situacionales (físicos y sociales) que incidían sobre la conducta y se realizaron acciones para eliminar las restricciones detectadas. También se construyeron instrumentos validos y confiables para evaluar las variables cognitivas conocimiento ambiental y autoeficacia ambiental percibida para, a partir de ahí diseñar una plática informativa que se probó mediante un estudio cuasi-experimental con un diseño pre-test-post-test con un grupo control y un experimental. La muestra estuvo constituida por 302 estudiantes (125 asignados a un grupo control y 177 a un experimental), cuya edad promedio fue de 23 años (desviación estándar = 4.36). Después de haberse suministrado la información, el grupo experimental incrementó significativamente su nivel de conocimientos, autoeficacia y separación. Adicionalmente se realizó un análisis observacional del porcentaje de separación en los contenedores. Se concluyó que la estrategia psicosocial que integra información y señalización fue eficaz para promover separación de residuos sólidos.

Palabras Clave: *Conducta proambiental, Psicología ambiental, Conocimientos, Autoeficacia ambiental.*

1. INTRODUCCIÓN

En todas las actividades humanas (domésticas, industriales, agricultura y de servicios públicos) se generan residuos definidos como todos los materiales sólidos o semisólidos que después de haber sido utilizados son destinados al desuso y a los cuales con frecuencia también se les llama basura. Es imprescindible que dichos elementos se reintegren de nuevo al ciclo de producción y se conviertan en una posible fuente de recursos dejando así de ser un problema. En México existe un potencial importante para aprovechar y comercializar los desechos que depende de sus posibilidades de tratamiento [1].

La principal forma de reincorporar los residuos a los procesos productivos es mediante el reuso y el reciclaje [2]. El término reciclaje hace referencia a la transformación de los residuos a través de distintos procesos. Y es la separación de dichos residuos la primera acción necesaria para el reciclaje, ya que mediante la misma se puede definir el manejo posterior que se les dará.

A partir de diversos estudios realizados desde el enfoque teórico-metodológico de la psicología ambiental se han agrupado los predictores de la conducta de separación de residuos sólidos (RS) en tres diferentes rubros: A. *Factores externos*: acceso, existencia y características físicas de los contenedores [3], la existencia, tipo y cantidad de incitadores verbales [4], disponibilidad de espacio [5], inversión de tiempo [4], [6], costo de los materiales en el mercado [7], apoyo de las autoridades [8], entre otros. B. *Factores sociodemográficos*: género [9], edad [6], nivel educativo [10], nivel socioeconómico [11]. C. *Factores psicológicos*: actitud [10], creencias sobre bienestar, salud y percepción de riesgo [12], motivos [11], percepción de eficacia [13], conocimiento ambiental [14]. Para una separación de RS exitosa es necesario incluir en las intervenciones, tanto factores individuales como situacionales [6].



En los centros universitarios se generan grandes cantidades de RS, de ahí la relevancia de que adopten sistemas de gestión ambiental [7]. En el 2010 la Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM) contaba con seis diferentes proyectos enlazados a un programa ambiental, uno de ellos era el de manejo integral de RS, el cual buscaba promover un uso sustentable de dichos recursos. La presente investigación se insertó dentro del mismo y su objetivo principal fue desarrollar una estrategia psicosocial para promover conducta de separación de RS. El estudio se dividió en dos etapas: en la primera se identificaron los factores situacionales (facilidades y barreras) que podían incidir sobre la ejecución de la conducta por parte de los universitarios, además se evaluó el conocimiento ambiental (CA) y la autoeficacia ambiental percibida (AAP). En la segunda etapa se realizó un estudio cuasi-experimental de tipo pre-test- post-test para responder a la pregunta ¿cuál es el efecto que tiene la información sobre el conocimiento ambiental, la autoeficacia ambiental percibida y la conducta de separación de residuos sólidos de una muestra de estudiantes?

2. METODOLOGÍA

2.1 Etapa I. Identificación de facilidades y barreras en la institución

Objetivo: identificar las facilidades y barreras que podían influir para que se llevara a cabo conducta de separación de residuos sólidos.

Instrumentos: fueron cuatro, un inventario de facilidades y barreras que abordaba la presencia de materiales de difusión, contenedores de residuos en diferentes y sitios de disposición final; un cuestionario sobre barreras internas o personales en el que se analizaba el reconocimiento de acciones ambientales en el plantel y del concepto de sustentabilidad; un cuestionario de conocimientos ambientales que valoraba tanto el conocimiento declarativo (calificación de 0 a 10) como el procedimental (1 a 4) y una escala de autoeficacia ambiental percibida, $\alpha=859$ (escala de 0 a 10).

Participantes y procedimiento: para dar respuesta al inventario de facilidades y barreras se entrevistó a dos elementos del personal del programa ambiental de la UACM, se realizó un recorrido observacional y un registro fotográfico. Para evaluar las barreras personales (internas) se aplicó un instrumento a 150 alumnos de la universidad, plantel San Lorenzo Tezonco, elegidos de manera intencional y el tiempo aproximado de aplicación fue de 15 minutos. Los datos se analizaron mediante el paquete estadístico SPSS versión 11 realizándose un análisis de frecuencias a las preguntas abiertas.

Resultados de la primera etapa: se detectaron elementos facilitadores de la separación de RS por parte de la comunidad universitaria: las fuentes de información y difusión e infraestructura. Con respecto a los primeros se planteó la necesidad de realizar mejoras a los mismos para hacerlos visualmente más atractivos e impactantes; así como también acompañarlos de otras estrategias de información personalizadas como pláticas informativas y/o talleres. En relación a la infraestructura, el plantel contaba 81 módulos con cuatro contenedores cada uno (residuos orgánicos e inorgánicos, papel y plástico) colocados en diversas áreas del plantel, los cuales eran visualmente atractivos y accesibles. Además contaban con depósitos pre finales y finales para los RS ya separados.

Al evaluar posibles barreras, se determinó que unas guías de separación que habían sido colocadas en el plantel en el año 2003 estaban incidiendo de forma negativa sobre la clasificación, ~~dado~~ ya que promovía una clasificación primaria (orgánicos, inorgánicos y sanitarios) y no una clasificación secundaria que era la que en fechas recientes se promovía en la universidad. Se determinó que las características de diseño del contenedor gris para residuos inorgánicos eran una limitante, ya que posibilitaba que se movilizara y usara para fines distintos; para corregir este problema se pintaron y numeraron los depósitos. También se concluyó que, había un deficiente nivel de compromiso por parte del personal de limpieza, ya que con frecuencia mezclaban los RS, además se detectó la ausencia de materiales con alto potencial de venta (papel, cartón y latas de aluminio). Otro objetivo de esta fase fue el validar y confiabilizar los instrumentos para evaluar las variables CA y AAP, los cuales resultaron validos y confiables por lo que, se consideró pertinente su utilización para la siguiente etapa del estudio.

2.2. Etapa II. Efecto de una plática informativa.

Objetivo: evaluar cuál era el efecto de una plática informativa sobre el CA, la AAP y la conducta de separación de RS (CSRS) de los estudiantes.

Diseño y procedimiento: para evaluar el efecto de la plática sobre el CA y la AAP se utilizó un diseño de comparación de dos grupos pre-test-post-test, constituido por un grupo control y otro experimental. Mientras que, para determinar el efecto de la información sobre la CSRS se utilizó un diseño pre-test-post-test, en donde se evaluó la separación de residuos mediante el registro de una muestra de contenedores.

Participantes: se aplicaron los instrumentos en el salón de clase a 302 estudiantes de entre 17 y 56 años, con una edad promedio de 23 años, los cuales cursaban alguna carrera en la Universidad. Se eligieron 15 grupos, tanto del turno matutino como vespertino; ocho de ellos fueron asignados al grupo control (125 estudiantes); mientras que, para el grupo experimental se eligieron siete grupos (177 alumnos). Sin embargo, en la evaluación posterior a la intervención (post-test) se observó una reducción en el número de sujetos que conformaban la muestra, pasando de un total de 302 estudiantes de ambos grupos a 164 en total; dicha situación se debió a la dinámica de trabajo de algunos profesores, quienes al final del semestre únicamente citaban a una cantidad reducida de alumnos para asesorías. La adecuada separación en los módulos se evaluó mediante un diseño pre-test/post-test y para ello se eligieron de manera aleatoria 27 módulos de un total de 81 módulos presentes en el plantel (Figura 1).



Figura 1. Módulos para separación ubicados en el campus universitario

Resultados de la segunda etapa: como se puede revisar en la tabla 1, durante el pre-test en ambas muestras (control y experimental) se observaron bajos puntajes en las variables CA (declarativo y procedimental) y la AAP, después de haberse suministrado la información mediante una plática, el grupo experimental incrementó sus puntajes de manera significativa: CA declarativo ($t = 8.14$, $p < .05$), CA procedimental ($t = 9.90$, $p < .05$) y AAP ($t = 1.747$, $p > .05$).

Tabla 1. Puntuaciones en las escalas obtenidas por los grupos antes y después de la intervención (plática informativa)

ESCALA	Grupo Control		Grupo experimental	
	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test



Conocimiento Ambiental Declarativo	6.98	7.10	6.92	8.67
Conocimiento Ambiental Procedimental	1.74	2.32	1.92	3.61
Autoeficacia Ambiental Percibida	7.23	8.09	7.37	8.36

Con respecto a la evaluación observacional realizada a los contenedores de residuos, se determinó un incremento en la frecuencia con la que el contenedor gris se mantuvo en su lugar (ver gráfico 2) y en los porcentajes de separación considerada como adecuada en todos los contenedores. El contenedor que más amplió la cantidad de veces con la que se clasificaban adecuadamente los residuos fue el destinado al plástico PET.

3. CONCLUSIONES

Con base en las actividades realizadas, la revisión teórica elaborada y los resultados obtenidos, se pueden plantear las siguientes conclusiones generales:

1. La conducta de separación de RS es el producto de la relación entre factores psicosociales y situacionales, por tanto para desarrollar los elementos cognoscitivos y motivacionales necesarios para su ejecución es conveniente trabajar conjuntamente ambos tipos de variables. Los individuos deben encontrar en su entorno las condiciones que faciliten y promuevan la acción ambiental, para que a su vez les sea posible superar las posibles limitantes o barreras con las que se enfrenten. Además, es necesario que las personas tengan un conocimiento adecuado de cuáles son los materiales reciclables y el cómo separarlos.
2. El incremento significativo que se dio en las variables CA y AAP concuerda con el proceso señalado por [14] según el cual, para que el individuo lleve a cabo de manera eficaz acciones ambientales primero tiene que conocer el problema al que se enfrenta, después identificar las mejores opciones para su solución y posteriormente actuar.
3. El presente estudio representa una aportación práctica importante en la aplicación de variables personales y situacionales para la promoción de conducta proambiental de separación de RS y funcionó para incrementar la conducta de separación de RS en el campus universitario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (2003). Recuperada el 15 de mayor de http://www.culturaecologica.org.mx/documentos/1123076683_Ley_General_Residuos.pdf.
- [2] Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales ([SEMARNAT], 2008). Programa Nacional para la Prevención y Manejo Integral de los Residuos, 2009-2012. Recuperado el 15 de marzo de 2009 de, <http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Publicacion/SEMARNAT%20Resumen%20Ejecutivo%2009.pdf>
- [3] Barr, S. (2007). Factors Influencing Environmental Attitudes and Behaviors. A U.K. Case Study of Household Waste Management. *Environment & Behavior*, 39, pp. 435-473.
- [4] Bustos, A. M. (1999). *Estrategias conductuales antecedentes para el fortalecimiento de la separación de residuos sólidos reciclables en FES Zaragoza*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.
- [5] Nixon, H., & Saphores, J. (2009). Information and the decision to recycle: results from a survey of US Households. *Journal of Environmental Planning & Management*, 52, pp.257-277.



- [6] McKenzie, M. D. (2000). Promoting Sustainable Behavior: An Introduction to Community-Based Social Marketing. *Journal of Social Issues*, 56, pp. 543-554.
- [7] McBean, E., Gondim, F., & Rovers, F. (2007). Constrains and opportunities influencing recycling rates in some developing. *Journal of Solid Waste and Management*, 33, pp.16-24.
- [8] Dahle, M., & Neumayer, E. (2001). Overcoming barriers to campus greening. A survey among higher educational institutions in London, UK. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 2, pp.139-160.
- [9] Ferrara, I., & Missios, P. (2005). Recycling and waste diversion effectiveness: evidence from Canada. *Environmental & Resource Economics*, 30, pp.221–238.
- [10] Kaiser, F. G., Wölfling, S., & Fuhrer, U. (1999). Environmental Attitude and Ecological Behavior, *Journal of Environmental Psychology*, 19, pp.1-19.
- [11] Corral, V. V., & Zaragoza, D. (2000). Bases sociodemográficas y psicológica de la conducta de reutilización: un modelo estructural. *Medio Ambiente y Comportamiento Humano*, 1, pp.9-29.
- [12] Sia, A. P., Hungerford, H. R., & Tomera, A. N. (1986). Selected Predictors of Responsible Environmental Behavior: An Analysis. *Journal of Environmental Education*, 17, pp.31-34.
- [13] Palacios, D. J. R. & Bustos, A. M (2011). Análisis de la autoeficacia ambiental en el manejo de residuos sólidos, comparación en hombres y mujeres. *El Psicólogo Anáhuac*, 14, pp.50-59.
- [14] Frick, J., Kaiser, F. & Wilson, M. (2004). Environmental knowledge and conservation behavior: exploring prevalence and structure in a representative sample. *Personality & Individual Differences*, 37, pp.1597-1613

[Indice](#)



Herramientas de Inteligencia Artificial para Determinar Perfiles de Usuario de Telefonía Celular

Samantha E. Cruz Sotelo¹, Sara Ojeda Benítez², Quetzalli Aguilar Virgen³, Paul A. Taboada González³, Wendolyn E. Aguilar Salinas¹, Mónica Lam Mora¹

¹Facultad de Ingeniería, ²Instituto de Ingeniería, UABC. Blvd. Benito Juárez s/n 21280 Col. Insurgentes. Mexicali B.C., México. Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, UABC, Tijuana Baja California, samantha.cruz@uabc.edu.mx

RESUMEN

Los teléfonos celulares son el dispositivo electrónico más presente en el mundo, tienen ciclos de vida relativamente cortos debido a su aparente obsolescencia, por lo que son descartados cuando aún funcionan. Se han desarrollado diversos estudios en grupos identificados, en los que el teléfono celular tiene una notable presencia, tal es el caso de los estudiantes universitarios. El objetivo de este trabajo es presentar los resultados de un estudio sobre las prácticas de consumo y manejo de teléfonos celulares en estudiantes universitarios. Para realizar la investigación se aplicó una encuesta en la Facultad de Ingeniería, UABC. Mediante clusterización sustractiva se generaron modelos para evaluar los perfiles de universitarios en el consumo, uso y manejo del teléfono celular en desuso. De acuerdo a las prácticas de manejo podemos resumir que el solo 0.1% de los universitarios lleva los celulares en desuso a centros de acopio de tal forma que se puede asumir que recibirán tratamiento y el 36% lo desvía a reuso. Sin embargo, el 40.9% de los universitarios los almacenan y el 20.3% lo dispone en la basura doméstica. El 48.5% cambian su celular en periodos no mayores de 12 meses y el 64.7% coincide en que el tiempo de vida útil no es mayor a 18 meses. Los resultados muestran que es necesario promover programas de concientización para el manejo sustentable de estos dispositivos ya que la concientización de los usuarios puede influir en mejorar sus prácticas de consumo y manejo.

Palabras Clave: *Clusterización sustractiva, perfiles, teléfono celular, universitarios*

1. INTRODUCCIÓN

El teléfono celular se convierte en una parte importante del estilo de vida de un número creciente de personas en todo el mundo, es el dispositivo electrónico con mayor presencia en la sociedad, sin importar edad o estrato socioeconómico. Se caracterizan por tener ciclos de vida relativamente cortos debido a los avances tecnológicos y su aparente obsolescencia, por lo que son reemplazados siendo aún funcionales. La telefonía móvil tiene una notable presencia entre los jóvenes [1], entre ellos destaca el segmento de los estudiantes universitarios [2]. Por ello, es importante estudiar a este grupo y conocer sus prácticas de uso, consumo y fin de vida.

Se han realizado diversas investigaciones con estudiantes para conocer las variables asociadas al uso y consumo del celular. Balakrishnan & Gopal exploraron la relación entre los jóvenes y sus teléfonos celulares [3], Chen y Katz analizaron el comportamiento en el uso del teléfono celular entre los estudiantes universitarios y sus familiares, para establecer en qué medida afectaba en su vida universitaria [4]. Moscoloni y Castro (2010) evaluaron el consumo de dispositivos tecnológicos, entre ellos el celular, para describir los posibles cambios en la vida cotidiana a partir del uso de celular e internet [5]. Hong, Chiu y Huang (2012) se enfocaron a analizar la relación entre las características psicológicas, la adicción y el uso de teléfono celular en mujeres universitarias taiwanesas, para proponer un modelo y explicar esas relaciones [6].



Aunque el tamaño de un teléfono celular es relativamente pequeño, el volumen acumulado de los teléfonos en desuso, que se convierten en residuos electrónicos, representan un riesgo por la falta de programas para su gestión. Por ello es necesario conocer el comportamiento de los consumidores y generadores de este flujo de residuos y su disposición a participar en programas en beneficio del ambiente y la sociedad [8].

El incremento consumo y desuso de productos electrónicos y la falta de desarrollo a la par de esquemas alternativos de manejo, constituye una creciente preocupación en México y el mundo ya que, por muchos años, el principal medio de eliminación de estos dispositivos en desuso ha sido la disposición en vertederos, generalmente a cielo abierto y bajo condiciones inadecuadas. En países es vías de desarrollo, una práctica común tras su recolección es el desmantelamiento manual y/o incineración con el fin de recuperar ciertos componentes metálicos. Sin embargo, esto representa graves riesgos tanto para el recuperador, al ponerse en contacto directo y sin protección alguna con los residuos, como para el ambiente, debido a las emisiones derivadas de estas prácticas informales. En el planteamiento de estrategias para un manejo sustentable de los residuos es necesario considerar todos los actores y prácticas referentes al tipo de residuo, como son actitudes y disposición, concienciación de los involucrados a lo largo del ciclo de vida del producto, además de realizar inventarios detallados que muestren un panorama lo más acercado posible a la realidad actual.

2. METODOLOGÍA

Debido al creciente uso y al ser el dispositivo electrónico que más se desecha en el flujo de los RSU's, el teléfono celular es el objeto de esta investigación. El propósito de este estudio fue identificar las prácticas de consumo, hábitos de uso y prácticas de manejo de los teléfonos celulares en jóvenes universitarios del área de ingeniería. De una población de 3,621 estudiantes, se seleccionó una muestra representativa con un nivel de confianza del 90%.

Se construyó una base de datos a la cual se aplicaron técnicas estadísticas básicas y modelos de correlación para el conocimiento de la información y determinación del tipo de herramienta adecuada a utilizar, se generaron matrices de entrada/salida al sistema y normalizaron los datos.

De acuerdo al volumen y tipos de variables categorizadas se propone el uso de herramientas de Inteligencia Artificial (IA) para el análisis de los datos y generación de modelos. Se utilizó Genfis2, éste genera un FIS (Sistema de Inferencia Difuso) de tipo Sugeno que utiliza el método de clusterización sustractiva. Como resultado, permite extraer un conjunto de reglas del tipo If-Then que definen el comportamiento de los datos incluidos en el modelo. Este método requiere conjuntos separados de datos de entrada y salida como argumentos de entrada y permite explorar las similitudes y diferencias entre dos o más conjuntos de datos multidimensionales, identificar patrones o regularidades en los datos y así posibilita la construcción de modelos.

Una vez identificadas las variables dependientes (prácticas de consumo-PC, hábitos de uso-U, prácticas de Manejo-PM y nivel de conocimiento-NC) e independientes para cada perfil se estructuró una matriz de datos con la información necesaria para cada modelo. La matriz de datos preprocesada es la entrada al sistema difuso y se somete a un proceso de agrupamiento (clúster), el cual genera nueva información que permite definir reglas. La Figura 1 muestra la metodología utilizada en la generación de los modelos propuestos.

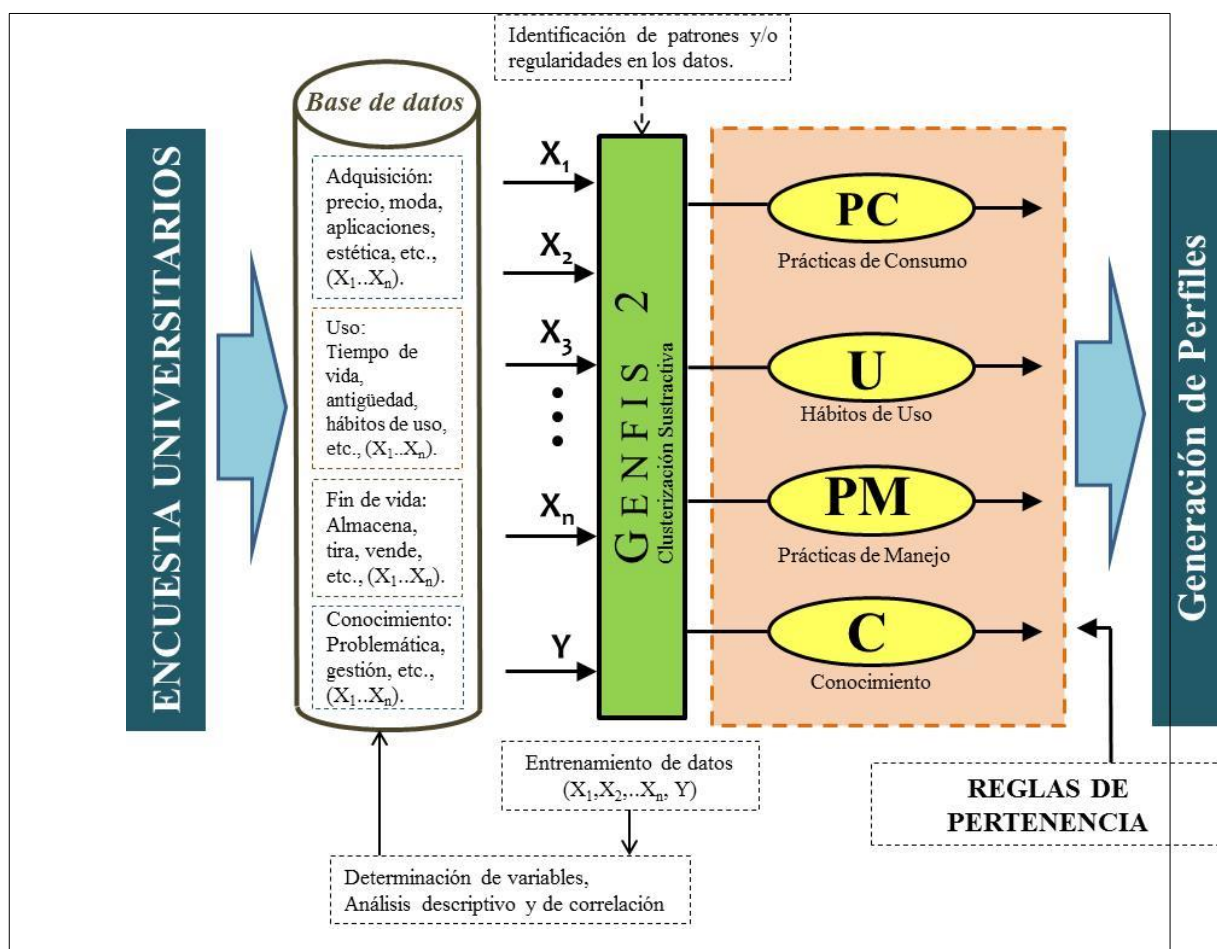


Figura 1. Estructura básica del sistema basado en reglas difusas aplicando TSK

3. RESULTADOS

Se aplicaron 904 encuestas en la facultad de ingeniería UABC-Mexicali. La encuesta fue analizada, se definieron y evaluaron cuatro variables: prácticas de consumo (PC), hábitos de uso (U), prácticas de manejo (PM) y nivel de conocimiento (NC).

El 26% de los estudiantes encuestados son mujeres, de las cuales las edades del 92.8% oscila entre 19 y 24 años. Además el 40% de los universitarios no son mayores de 19 años.

3.1 Prácticas de Consumo

Las marcas de teléfonos celulares más adquiridas por los universitarios son Nokia (23.9%), Ericsson (20%) y Samsung (16%). En la Figura 2 se muestra la escala de precios de los celulares adquiridos por los universitarios, se observa que el 19.5% ha pagado más de 3000 pesos por su teléfono celular. El 12% pagó hasta 500 pesos, el 34.6% entre 1000 y 2000 pesos y el 22.2% entre 2000 y 3000 pesos.

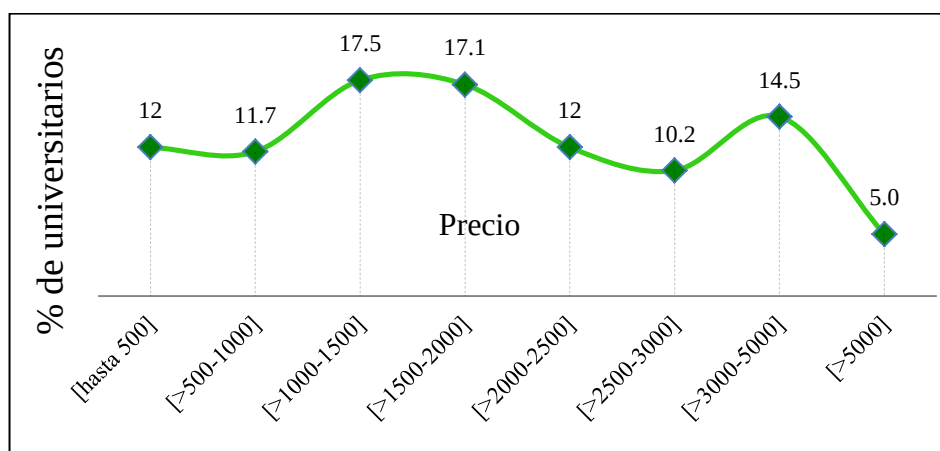


Figura 2. Precios de celulares adquiridos por universitarios

Para los universitarios los criterios de mayor importancia que determinan la elección de un nuevo teléfono celular son las aplicaciones (36.4%), la marca (30.1%), estética (20.1%) y el precio (13%). Esta preferencia tal y como se observa, es independiente del sexo del usuario. El 95% de los universitarios compró su celular en México y el 8.8% de los teléfonos adquiridos son de segunda mano.

Tras el análisis de las encuestas y a través del algoritmo de clusterización sustractiva se identificaron perfiles que describen las prácticas de consumo de telefonía móvil en los universitarios. El modelo mostró un ajuste de 100% de los datos al modelo ($R=1$). Se identificaron cuatro clústers lo que corresponde a cuatro perfiles de consumo. La Tabla 1 se muestra el conjunto de reglas difusas del modelo.

Tabla 1. Reglas If-Then prácticas de consumo

If (X1 is Caro) and (X2 is Negativo) and (X3 is Positivo) and (X4 is Indiferente) then (CONSUMO is out1cluster1)
If (X1 is Promedio) and (X2 is Positivo) and (X3 is Positivo) and (X4 is Indiferente) then (CONSUMO is out1cluster2)
If (X1 is Economico) and (X2 is Negativo) and (X is Positivo) and (X4 is Indiferente) then (CONSUMO is out1cluster3)
If (X1 is Caro) and (X2 is Indiferente) and (X3 is Positivo) and (X4 is Indiferente) then (CONSUMO is out1cluster4)

La Tabla 2 muestra las características de los universitarios que agrupa cada clúster de acuerdo a las reglas generadas por el modelo.

Tabla 2. Interpretación de reglas PC

CONSUMO (out1cluster1) Considera a estudiantes universitarios que consumen teléfonos celulares caros (alto costo), sus criterios de compra están orientados a la estética y aplicaciones disponibles (negativo), compra en México y le es indiferente las condiciones de adquisición del equipo (Nuevo o usado). Parámetros de la FM: [1 1 1 1 -4.938e-015] $C = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 - 4.938e-015$... CONSUMO (out1cluster4) Considera a estudiantes universitarios que consumen teléfonos celulares caros (alto costo), sus criterios de compra están orientados a las aplicaciones disponibles, compra en México y le es indiferente las condiciones del equipo (Nuevo o usado). Parámetros de la FM: [1 1 1 1 5.232e-014] $C = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + 5.232e-014$

3.2 Hábitos de uso

De acuerdo a los hábitos de uso del teléfono celular se encontró que el 64.7% de los universitarios coincide en que el tiempo de vida útil es de hasta 18 meses. Los principales factores que determinan el incremento en el volumen de teléfonos celulares en desuso son la pérdida de funcionalidad (42.7%), la obsolescencia (13.8%), estética/moda (12.5%), más aplicaciones (11.2%), robo/extravío (10.7%) y el 6.7% se refiere a factores relacionados con el prestador de servicios (cambio contrato, compañía, acumulación de puntos). En cuanto al número de teléfonos que los estudiantes han utilizado se encontró que el 62.2% han tenido entre 3 y 5 celulares, mientras que el 20% al menos seis.

El modelo generado que interpreta los hábitos de uso del teléfono celular entre universitarios mostro un ajuste al 100% de los datos. A través del modelo se obtuvieron 18 reglas difusas. En la Tabla 3 y 4 se muestra el tipo de reglas difusas generadas y su interpretación.

Tabla 3. Reglas If-Then hábitos de uso

If (X1 is N) and (X2 is N) and (X3 is M) and (X4 is P) and (X5 is MA) then (USO is out1cluster1) (1)
If (X1 is N) and (X2 is N) and (X3 is MB) and (X4 is N) and (X5 is MA) then (USO is out1cluster2) (1)
...
If (X1 is I) and (X2 is P) and (X3 is MA) and (X4 is P) and (X5 is MA) then (USO is out1cluster18) (1)

Tabla 4. Interpretación de reglas U

USO is out1cluster1 Universitarios que se utilizaron por corto tiempo su celular anterior (hasta 12 meses), recargan su celular por periodos de tiempo prolongados (más de 15 horas/semana), el tiempo de vida promedio de su celular es (18-24 meses). Ellos cambiaron su celular porque dejo de funcionar y han tenido cuatro teléfonos celulares en su vida. Parámetros de la FM: [1 1 1 1 1 -2.114e-014] $U = X1 + X2 + X3 + X4 + X5 - 2.114e-014$... USO is out1cluster18 Universitarios que se utilizaron en promedio 12 y 18 meses su celular anterior, recargan su celular no más de 8 hr/sem, el tiempo promedio de vida de útil de su teléfono celular es de 18 a 24 meses. Ellos cambiaron su celular porque dejo de funcionar y han tenido en promedio cuatro teléfonos celulares en su vida. Parámetros de la FM: [1 1 1 1 1 -7.216e-014] $U = X1 + X2 + X3 + X4 + X5 - 7.216e-014$

3.3 Prácticas de manejo

La forma en que el 20.3% de los universitario se deshace de un teléfono celular cuando no funciona es tirándolo a la basura. Sin embargo, se observó que la tendencia es almacenar (41%) y solamente el 2.2 lo desvía al reuso. El 48% de los usuarios han utilizado equipos de segunda mano, el 32% de los cuales fueron comprados. Además, el 26.7% de los universitarios han reparado en alguna ocasión sus teléfonos celulares, de este grupo el 40% ha extendido la vida útil del celular periodos no mayores de 6 meses y el 27% lo utiliza actualmente.

El modelo generado que interpreta las prácticas de manejo del teléfono celular entre universitarios mostró alto nivel de correlación entre las variables de entrada y salida con un ajuste al 100% de los datos. Se obtuvieron 17 reglas difusas. En la Tabla 5 se muestra el tipo de reglas difusas generadas y la Tabla 6 define el conjunto de reglas difusas extraídas del modelo.

Tabla 5. Reglas If-Then prácticas de manejo

If (X1 is I) and (X2 is I) and (X3 is N) and (X4 is N) and (X5 is P) and (X6 is P) and (X7 is P) and (X8 is P) and (X9 is I) then (PM is out1cluster1)
If (X1 is I) and (X2 is P) and (X3 is N) and (X4 is N) and (X5 is N) and (X6 is N) and (X7 is P) and (X8 is P) and (X9 is I) then (PM is out1cluster2)
...
If (X1 is N) and (X2 is N) and (X3 is N) and (X4 is N) and (X5 is N) and (X6 is N) and (X7 is N) and (X8 is N) and (X9 is N) then (PM is out1cluster17)
Donde: N:Negativo; I:Indiferente; P:Positivo

Tabla 6. Interpretación de reglas PM

PM is out1cluster1

Estudiantes universitarios que tienen almacenados entre dos y cuatro teléfonos celulares, nunca han reparado pero si han utilizado de segunda mano regalados o comprados. Este grupo está dispuesto a alargar el tiempo de vida de sus teléfonos por más de 12 meses o hasta que deje de funcionar.

PM is out1cluster17

Estudiantes universitarios que ha tirado a la basura común su celular anterior y tienen almacenados al menos cinco, nunca han reparado algún teléfono ni han utilizado celulares de segunda mano. Este grupo no está dispuesto a alargar el tiempo de vida de sus teléfonos y la práctica común al dejar de funcionar es tirar.

3.4 Nivel de conocimiento

El 71% de los estudiantes reconocen que disponer los celulares en la basura doméstica representa un serio problema. El 63% dijo que éstos, pueden ser aprovechados y el 37% que requieren de un tratamiento especial. Sin embargo sólo el 10% mencionó conocer empresas dedicadas al manejo de equipos electrónicos al final de su vida útil y el 15% sabe de centros de acopio. El modelo generado que define el nivel de conocimiento de los universitarios con relación a la problemática de los teléfonos celulares mostró un ajuste del 100% de los datos. En la Tabla 7 se muestra las reglas difusas generadas y la Tabla 8 su interpretación.

Tabla 7. Reglas If-Then nivel de conocimiento

If (X1 is N) and (X2 is N) and (X3 is N) and (X4 is N) and (X5 is N) and (X6 is N) and (X7 is M) then (NC is out1cluster1) (1)
...
If (X1 is P) and (X2 is P) and (X3 is P) and (X4 is N) and (X5 is P) and (X6 is N) and (X7 is M) then (NC is out1cluster11) (1)

Tabla 8. Interpretación de las reglas para el modelo de NC

NC is out1cluster1

Universitarios que no conocen sobre la problemática de los celulares en desuso, su aprovechamiento, tratamiento, ni empresas dedicadas a ello. No conocen centros de acopio, ni sabe quiénes son los responsables de la implementación de programas. Consideran que los responsables de su disposición son el gobierno, fabricante o la población.

...

NC is out1cluster11

Universitarios que conocen sobre la problemática de los celulares en desuso, saben que pueden ser aprovechados, saben que requieren de tratamiento al final de su vida útil pero no conocen empresas dedicadas a ello. Conocen centros de acopio. No sabe quiénes son los responsables de la implementación de programas y asumen que los responsables de la disposición del celular es el gobierno o el fabricante o la población.



4. CONCLUSIONES

En esta investigación se utilizó Genfis2 para identificar perfiles que describan las prácticas de consumo, hábitos de uso, prácticas de manejo de los teléfonos celulares en estudiantes universitarios, además de su nivel de conocimiento referente a la problemática y gestión de los dispositivos en desuso. El teléfono celular es una tecnología digital en constante expansión y evolución vinculada a aspectos económicos, sociales y culturales. Coincidiendo con lo que menciona en su estudio [10], aunque el acceso tecnológico no se ha facilitado en términos de igualdad a todos los jóvenes, es posible observar que, en lo que se refiere al teléfono celular, es objeto de consumo y deseo presente en todos los estratos sociales. Almacenar los celulares en desuso es la práctica más común y al parecer no representa problema alguno. Sin embargo, este dispositivo pasa largo tiempo guardado y cuando el usuario se percata de su existencia ya el mercado nos ha invadido con modelos novedosos de alta tecnología, lo que lleva a ese antiguo celular a convertirse en un aparato obsoleto que ya no satisface las necesidades del usuario y busca la forma más cómoda de deshacerse de él, llegando directamente al flujo de la basura doméstica. Además el consumo desmedido de la sociedad sumado a la falta y/o ineficiencia de los organismos competentes para dar tratamiento a los residuos, contribuye a graves riesgos para el medio ambiente y la salud humana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Laborda G., Ballesta J., Gómez J., Guardiola P., Lozano J. y Serrano F. (2005). RED: Revista de Educación a distancia, diciembre. Vol. V, número 013. Universidad de Murcia. España.
- [2] Head M. & Ziolkowski N. (2012) Student attitudes of mobile phone features: Rethinking adoption through conjoint, cluster and SEM analyses. *Computers in Human Behavior*. 28:2331-2339.
- [3] Balakrishnan Vimala & Ram Gopal (2012) Exploring the relationship between urbanized Malaysian youth and their mobile phones: A quantitative approach. *Telematics and Informatics* 29:263–272.
- [4] Chen Y.F., Katz J.E. (2009) Extending family to school life: College students' use of the mobile phone. *International Journal Human-Computer Studies*. 67:179-191.
- [5] Moscoloni N. y Castro S. (2010). Consumo de dispositivos tecnológicos: uso de pantallas en integrantes de la Universidad Nacional de Rosario, Argentina. *Signo y Pensamiento* 57(29): 430-445.
- [6] Hong F.Y, Chiu S.I, Huang D.H (2012) A model of the relationship between psychological characteristics, mobile phone addiction and use of mobile phones by Taiwanese university female students. *Computer in Human Behavior*. 28: 2152-2159.
- [8] Nnorom I.C., Ohakwe J. & Osibanjo O. (2009). Survey of willingness of residents to participate in electronic waste recycling in Nigeria –A case study of mobile phone recycling. *Journal of cleaner Production* 17:1629-1637.

[Indice](#)



Elaboración de Macetas con Neumáticos Fuera de Uso

¹Rafael Flores Espinoza, ¹Diana G. Fierros Serna, ¹María C. Villarreal Arriaga, ¹Isaac Cárdenas Reza, ¹Dora A. Hernández Martínez, ¹José Gpe. Melero Oláquez.

¹Instituto Tecnológico de Mexicali. Av. Tecnológico s/n, Col. Elías Calles, CP 21376, Mexicali, Baja California, México. Tel: (686) 5804949. rfe_sorrow@hotmail.com

RESUMEN

Una gran parte de la contaminación ambiental que caracteriza a nuestra moderna sociedad es el producido por los neumáticos desechados en basureros clandestinos, los cuales son propicios para la proliferación de plagas y enfermedades (moscos, ratas, dengue, paludismo, entre otros). Otro problema es la quema irresponsable de estas mismas porque provoca la contaminación extrema del aire generando en el peor de los casos cáncer en las personas. Este proyecto de elaboración de macetas se realizó con el fin de disminuir la acumulación de llantas usadas en lugares inapropiados y que a la vez sirvan como macetas y así mejorar la imagen donde se instalen. Durante el semestre de Enero-Junio de 2014, en el Instituto Tecnológico de Mexicali, un grupo de alumnos de la materia de Desarrollo Sustentable llevaron a cabo una campaña de información y elaboración de estas macetas, propiciando con ello, una interacción y competencia ambiental entre alumnos, docentes y padres de familia, pues no solo se elaboraron macetas para la institución, sino que se invitó al público en general a decorar y llevarlas a sus hogares. El material que se usa para la decoración es de fácil manejo y de bajo costo. Como resultado de esta actividad, se está planeando replicar esta campaña cada inicio de semestre.

Palabras clave: Competencias, Contaminación, Imagen, Macetas, Plagas.

1. INTRODUCCIÓN

La elaboración de macetas ecológicas nos brinda un aporte al concepto del cuidado del medio ambiente en cuanto a la reutilización de los neumáticos y la campaña en favor de la reducción de basureros clandestinos que afecta en las grandes ciudades, sobre todo en los alrededores de las mismas como sucede en la ciudad de Mexicali; por otro lado la manualidad en la elaboración de las macetas ecológicas y su gran presentación, nos incita a contribuir con las diferentes campañas de forestación. Las macetas ecológicas se han convertido en una base para la reutilización de residuos sólidos, teniendo como materia prima las llantas abandonadas en la ciudad.

Los basureros clandestinos de llantas son propicios para la proliferación de plagas de mosquitos o ratas con diversas enfermedades para el ser humano como el dengue y la rabia [1]. Otro problema que atrae el desecho de llantas es la quema irresponsable de estas mismas porque provoca la contaminación extrema del aire generando en el peor de los casos cáncer en las personas. La contaminación de las llantas ya sea por quema o por acumulación de las mismas almacenando agua, generan la reproducción de plagas provocando así daños a la salud y a nuestro entorno [2]. El proyecto de macetas ecológicas es destinado al cuidado del medio ambiente, colaborando a pequeña escala en la disminución del problema tan grande que involucra al planeta entero. La reutilización de los neumáticos o llantas se enfoca principalmente a reducir diferentes problemáticas, llevando los neumáticos a una transformación. El principal objetivo de este trabajo es disminuir la contaminación que causan las llantas usadas, desechadas en la ciudad, a través de la elaboración de macetas.

2. METODOLOGÍA

Los neumáticos abandonados se convierten en entorno propicio (con calor y agua en su interior) para mosquitos transmisores de enfermedades, como el dengue y paludismo [3]. Para la recolección de llantas se visitó lugares donde se encuentran llantas abandonadas, la figura No.1 muestra un fraccionamiento de Mexicali.



Figura 1. Neumáticos abandonados al aire libre.

El equipo y material que se usó para este proyecto es el siguiente:

- Neumáticos usados
- Guantes de jardín
- Cuchillo o sierra caladora
- Pintura para la decoración
- Brochas y pincel.

Para la elaboración de macetas se siguen los siguientes pasos.

1. Limpia las llantas perfectamente con agua, jabón y un cepillo. Como se muestra en la figura 2.



Figura 2. Lavado de llantas.

2. Marcar con un gis varios picos y corta la llanta, puedes hacer los cortes con un cuchillo, o con una sierra caladora. Como se muestra en la figura No. 3.



Figura 3. Corte de la llanta.

3. Darle vuelta a la llanta no es un trabajo fácil, se puede lograr en una vulcanizadora o pisándola hasta conseguir que la llanta quede plana. Levantas la llanta y le seguimos dando vuelta hasta lograr darle vuelta por completo como se muestra en la figura No. 4.



Figura 4. Doblar la llanta.

4. La pintura para decorarlas puede ser a base de agua o de aceite, y quedara a tu gusto como se muestra en la figura No. 5.



Figura 5. Maceta realizada por alumnos del ITM.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la elaboración de macetas ecológica fueron positivos, ya que se despertó un interés de los alumnos, el instituto y los padres de familia al momento de colaborar en la elaboración de las mismas. Las macetas ecológicas no representan consumo de energía o recursos, al contrario, se recupera un material que se supone desperdicio como son los neumáticos fuera de uso, estas macetas duran décadas e incluso centenares de años y por la temperatura que logran en el frío y calor, son benéficas para las plantas que albergan [4].

Las macetas realizadas en el proyecto fueron donadas a la Institución e incluso a los padres de familia y maestros. Se considera que sería de gran utilidad si la retícula exigiera a los alumnos del ITM tomar la materia de Desarrollo Sustentable en primer semestre para que el alumno desde el inicio de la carrera lleve una mentalidad favorable con respecto al medioambiente. En la figura 6, se muestra el lugar donde se puede colocar las macetas, adornando de esta forma un espacio en casa y reduciendo un espacio de contaminación.

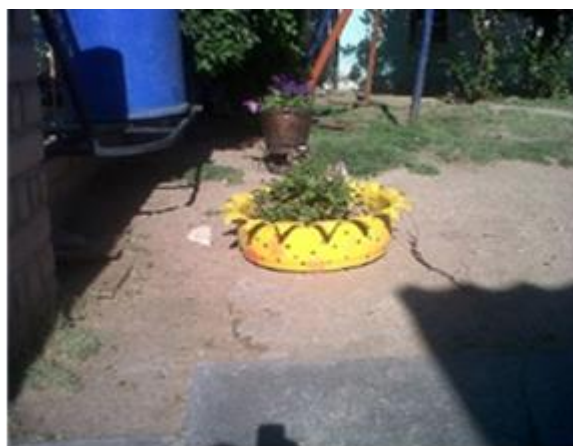


Figura 6. Maceta donada por alumnos del ITM en una casa particular.



4. CONCLUSIONES

Durante la elaboración de macetas ecológicas se aprendió que puede ser demasiado sencillo contribuir con el cuidado del medioambiente, pues solo se necesita observar a nuestro alrededor y ubicar los materiales que podríamos utilizar para reciclar o reusar, cabe mencionar que es importante agregar una parte de creatividad para generar un diseño propio en el material que se desee reusar [5]. Las personas que tuvieron oportunidad de observar el trabajo que se hizo con los neumáticos fuera de uso comentaron que este método era muy práctico y muy interesante para la reutilización de llantas. Así que, en lugar de tirar o quemar neumáticos, se debe pensar siempre en otras alternativas que presenten un beneficio para toda la humanidad, ya que se pueden realizar pequeñas acciones que logran una satisfacción personal para colaborar con el medio ambiente. Necesitamos promover actitudes que favorezcan al medio ambiente, una problemática que afecta a todos los seres vivos y sólo se puede comenzar a cambiar si se aprende cómo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Camacho A. 2013. Intolerancia diario, (13 de Abril 2014)
http://www.intoleranciadiario.com/detalle_noticia.php?n=108451
- [2] Mariana L. 2013. Teorema ambiental. (12 Mayo 2014) <http://www.teorema.com.mx/residuos/llantas-fuente-sin-fin-de-contaminacion/>
- [3] Torres A. 2012. Los crecientes cementerios de llantas viejas. Revista Atracción 360. (19 Mayo 2014)
<http://www.atraccion360.com/los-crecientes-cementerios-de-llantas-viejas>
- [4] Swaneck J. 2011. Reciclado de neumáticos fuera de uso y su aplicación en la construcción. Tesis de Ingeniería. Universidad Mayor, Facultad de Ingeniería. Consultado el 28 Mayo en:
<http://www.ingenews.cl/web/download/publicaciones/118.pdf>
- [5] Sánchez R. 2012. Segunda vida de los neumáticos usados. Química viva. Vol 11(1). Pp. 24-39.

[Índice](#)



Experiencia de Educación Ambiental para la Separación de Residuos Sólidos en Isla Mujeres

¹Ofelia Catalina Galindo Gómez y ²Salvador García Ruvalcaba

¹Amigos de Isla Contoy AC, Plaza Bonita Mall, Sm. 28, Loc. E-1 Cancún, Q. Roo, Mexico 77500, (998) 884-7483, cgalindoprince@hotmail.com

²Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara

RESUMEN

Desde el 2006 la gestión de los residuos sólidos en Isla Mujeres, ha escalado gradualmente gracias a un Programa de Educación Ambiental para promover la separación de residuos a cargo de la asociación civil Amigos de Isla Contoy. El objetivo de este trabajo es resaltar el papel que la Educación Ambiental ha jugado para lograr la participación ciudadana en la gestión de residuos sólidos en Isla Mujeres; se describe el proceso de capacitación en Educación Ambiental, se destacan los factores que han contribuido y limitado el seguimiento del Programa de Educación Ambiental en la gestión integral de los residuos de Isla Mujeres. El Programa de Educación Ambiental Isleño fue inspirado en el Programa de Educación Ambiental desarrollado en El Grullo, Jalisco por la Universidad de Guadalajara, donde se logró una fuerte participación en la clasificación de residuos sólidos y continuidad en los cambios de gobierno, replicándose en 10 municipios con fuerte colaboración interinstitucional. Amigos de Isla Contoy, contactó al líder del programa de la Universidad de Guadalajara, iniciando un proceso de capacitación dirigido a sus miembros, el gobierno municipal y actores clave isleños. Amigos de Isla Contoy tiene reconocimiento municipal y estatal por el Programa de Educación Ambiental que ha logrado la participación de escuelas, padres de familia, hoteleros, restauranteros y pequeños negocios en la separación y acopio de materiales reciclables. Actualmente el reto más grande es la continuidad del programa en colaboración con las nuevas autoridades municipales.

Palabras clave: *Capacitación, Gestión, Gobierno, Participación, Sociedad.*

1. INTRODUCCIÓN

La Educación Ambiental resulta clave para conseguir una percepción más clara de la importancia de los factores socioculturales que generan los problemas ambientales. Corresponde a la Educación Ambiental promover la participación como lo enmarca uno de sus objetivos, así como definir valores para el cambio de comportamiento como puede ser la gestión de los residuos. Lograr la gestión de residuos sólidos en zonas insulares es complejo, principalmente por la falta de espacios para el tratamiento o disposición final, por la falta de equipamiento para reducir la cantidad de basura generada al día, tal es el caso de Isla Mujeres, Quintana Roo.

Isla Mujeres tiene una población de 12, 642 habitantes más un flujo de 180,000 visitantes en promedio, según registros del 2011 y 2012 [1]. No existen datos actuales sobre las toneladas de basura que se genera diariamente, el registro para el 2008 es que los residentes y visitantes en conjunto generaban un promedio de 28 toneladas de basura al día [2], representando un gran problema para el gobierno municipal por los altos costos de recolección y transferencia a la zona continental.



A fin de conocer sobre alternativas exitosas para solucionar el problema de la basura en Isla Mujeres, la asociación civil Amigos de Isla Contoy (AIC), invitó al coautor de este trabajo para que brindará una conferencia magistral sobre el Programa de Educación Ambiental desarrollado en El Grullo, Jalisco por el Departamento de Ecología y Recursos Naturales del Centro Universitario de la Costa Sur (DERN-IMECBIO-CUCSUR) de la Universidad de Guadalajara. La conferencia, se llevó a cabo el 13 de diciembre del 2005, en la sala de cabildo de Isla Mujeres, su ponencia creó un fuerte interés en todos los actores clave invitados y logró que representantes del Gobierno Municipal y AIC, atendieran su invitación para conocer el proceso directamente en los municipios de Jalisco. Posterior a la conferencia, se obtuvo información muy importante de la situación del manejo de los residuos en Isla Mujeres por parte de actores clave asistentes, se señaló un deficiente servicio de recolecta de basura en algunas de las colonias populares de la ínsula, presentándose una amplia contaminación ambiental y visual. También manifestaron su preocupación por el manejo inadecuado de la basura en la estación de transferencia donde se acumula cerca de 30 toneladas al día, al permanecer por semanas por los costos de sacarla al relleno de la zona continental. Los autores de este trabajo, realizaron un recorrido por toda la isla, para registrar en fotos y video la magnitud del problema de la basura. En el centro de transferencia, se encontraron evidencias de quema y entierro de basura, así como la acumulación de basura de varios días, se resalta la existencia de una pequeña área de recuperación de chatarra, latas y cartón. En las colonias populares se detectó que el problema de la basura era grave por la cantidad de tiraderos detectados en espacios urbanos y sistemas lagunares, contrastando con la limpieza de la zona turística. Durante el recorrido por la isla, el coautor compuso la canción Isla Mujeres, la cual grabaría con músicos de la ciudad de El Grullo, Jalisco.

El presente trabajo, tiene como objetivo resaltar el papel que la Educación Ambiental ha jugado sobre la participación ciudadana en la gestión de residuos sólidos en Isla Mujeres, así como identificar los elementos que detonaron el interés de los isleños por atender el problema. En ese sentido, se reconoce que la conferencia y la visita realizada a principios del 2006 a Jalisco, fueron detonantes para que AIC, con la asesoría del coautor, lograran poner en marcha el primer Programa de Educación Ambiental para la Separación de Residuos en Isla Mujeres (PEASRIM). Otro elemento importante fue la metodología utilizada para aglutinar a diversos actores clave (funcionarios del ayuntamiento, representantes del sector educativo, hotelero, restaurantero, funcionarios relacionados con la conservación del medio ambiente, la marina y medios de comunicación) y lograr su participación a lo largo del tiempo.

2. METODOLOGÍA

La Educación Ambiental es una educación para la acción, una educación participante, por ello se utilizó la metodología de la Educación Popular (EP) entendiendo a ésta como un proceso que tiene por base la teoría dialéctica del conocimiento, el cual es pertinente para orientar a la población hacia la identificación y solución de sus problemas ambientales. Durante los procesos de formación y capacitación de actores clave de Isla Mujeres, se utilizó la metodología denominada “Investigación-Acción- Participativa” (IAP), que es un proceso que consiste en conocer-actuar- transformar, comenzando con una caracterización del problema a estudiar, al compartirse con actores clave, se sensibilizan sobre sus propios problemas, encaminándolos a la movilización y a la responsabilidad compartida de cambiar la realidad que afecta a la comunidad [3]. La IAP se amalgama con los procesos de reflexión-acción de la EP y la perspectiva constructivista, al favorecer la participación en el diseño, implementación y evaluación del PEASRIM, en el cual también se utilizaron la técnica del marketing social, para promover la conservación de los recursos naturales, utilizando una especie carismática y mensajes educativos para diversas audiencias, esta técnica, ha sido utilizada por el coautor en campañas del Orgullo, las cuales fueron diseñadas por la organización RARE [4]. Las técnicas utilizadas durante la investigación fueron las siguientes: Diagnóstico inicial de percepciones mediante pre-encuestas y post-encuestas, entrevistas y talleres con actores clave, para la planificación y desarrollo del programa y sus actividades, la evaluación continua y el reporte de resultados, este proceso se encuentra descrito en otro trabajo del coautor [5] además de la observación directa y documentación fotográfica y en video a lo largo del tiempo para comparar el antes y el después.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para conocer las percepciones sobre la basura, en enero de 2006, diseñamos y aplicamos una pre-encuesta a 300 familias de la isla, que representa una muestra del 5% de la población. El 60% de los encuestados aseguran que la basura es uno de los principales problemas ambientales, mientras que un 19% manifestó que el problema mayor era la contaminación de las salinas (cuerpos lagunares). Los resultados de la encuesta, y talleres posteriores con actores clave y entrevistas a funcionarios del ayuntamiento coincidieron en que el problema era el de la basura. Para atender el problema a iniciativa de la Dirección de Desarrollo Urbano del Municipio de Isla Mujeres, en coordinación con AIC, se desarrolló el Taller para elaborar el PEASRIM, el cual fue facilitado por el coautor de este trabajo, se logró la participación de diversos actores clave representando al sector educativo, turístico, comercial, sociedad civil y funcionarios de los tres niveles de gobierno relacionados con el tema. El PEASRIM tiene como destinatarios preferentes la población escolar y los adultos de la isla. En base a técnicas del marketing social, los participantes redactaron y seleccionaron el mejor mensaje que fue: “Por amor a mi isla la conservo limpia”, así mismo eligieron a la tortuga marina como mensajera de la solución al problema de la basura a utilizarse en la producción de diversos recursos de didácticos y de difusión: póster, calcomanía, canciones, videos, obras de teatro, exposiciones, etc. La figura 1, muestra el póster que se difundió en toda la isla, para concientizar a las personas de todas las edades, sobre la importancia de conservar limpia la isla y aprender a no hacer basura y participar en el reciclaje.



Figura 1: Póster elaborado durante el taller de actores en Isla Mujeres

Varios de los recursos didácticos y de difusión fueron realizados previo al inicio del Programa de Recolección de Residuos en Isla Mujeres con el apoyo del coautor de este trabajo entre ellos: la canción Isla Mujeres y su video clip, la canción la Tortuga Marina y la Obra de teatro guiñol “Separando y Reciclando Isla Mujeres sigue Ganando”, “Mi amigo el manglar mucha vida da”, en este proceso se fue conformando y capacitando a cuatro educadores ambientales de AIC, quienes participaron en la grabación de los guiones de obras de teatro, el diseño de títeres, teatrinos y generaron más recursos didácticos como “El camino y destino de la basura de Isla Mujeres” que usaron al brindar talleres y cursos. Los días 23 y 24 de agosto de 2006, AIC en coordinación con la Delegación de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y el Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU) organizaron el Taller “Escuela Limpia”, impartido por la Delegación de la SEMARNAT de Veracruz, con el fin de promover el manejo adecuado de los residuos sólidos en tres categorías: orgánicos, reciclables y no reciclables. En el taller se capacitaron a 28 personas, que incluyeron: directivos de jardines de niños, escuelas primarias, educadores ambientales de ONGs y representantes de diferentes instituciones de Quintana Roo. Como seguimiento al Taller Escuela Limpia”, AIC, impartió talleres para la separación de residuos sólidos a todos los alumnos de jardines de niños y escuelas



primarias de la ínsula, capacitando a más 2,800, llegando también a maestros y padres de familia, como parte de la actividad AIC, donó contenedores para la clasificación a todas las escuelas.

Para el mes septiembre de 2006 el PEASRIM, había tenido una excelente respuesta por parte de los destinatarios, sin embargo, faltaba cerrar el ciclo con la recolecta de los residuos que ya empezaban a separarse. Ante la incapacidad que mostró el Ayuntamiento de Isla Mujeres de recolectar los residuos separados, AIC empezó a recolectar fondos para la compra de un camión, que se usó como centro de acopio móvil. En noviembre de 2006, AIC, empezó a recolectar en las escuelas: plásticos, cartón, papel, vidrio y metal, logrando también involucrar a los padres de familia, esto lo hacía una vez a la semana y los residuos eran vendidos en centros de acopio de Cancún. A cambio de la entrega de los residuos limpios, los participantes recibían el póster, una calcomanía para pegarla en su vivienda, auto o moto, y botones con la imagen de la tortuga para los niños. Durante todo el 2007, AIC continuo con el programa educativo y la recolección en su unidad de acopio, contando con la participación de los escolares de todos los niveles educativos y cerca de 300 familias.

El impacto de AIC en Isla Mujeres, era muy tangible por el nivel de participación a diferentes niveles y sectores, esto favoreció para que la administración municipal 2008-2011 apoyará decididamente el programa, asumiendo la recolección de residuos separados, esto y favoreció el trabajo de AIC para seguir promoviendo la cultura ambiental en Isla Mujeres. En el 2008, la Directora Ejecutiva de AIC, realizó una segunda vista a Autlán, se le mostró el éxito que estaban teniendo los canastos de malla para colecta de botellas de plástico, como resultado de actividades del Programa de Educación Ambiental en escuelas primarias y jardines de niños. A su regreso a Isla Mujeres logró que la presidenta Municipal de Isla Mujeres de su bolsa pagará 10 canastos, sumándose a esta iniciativa 7 regidores con 1 cada uno, el Ixchel Beach Hotel con 12 canastos, la organización PEACE de Isla Mujeres aportará 10 canastos, y otros hoteles y ciudadanos contribuyen con 8 canastos, haciendo un total de 47 canastos colocados en las escuelas y lugares públicos de Isla Mujeres.

La administración 2011-2013 continuo la recolecta de los residuos separados al mismo nivel de la administración anterior y mantiene un programa de descacharrización trimestral. Esta administración fortaleció la recolección de residuos con la compra de 4 vehículos en octubre de 2012.

3.1 Comparación de la percepción:

En la pre-encuesta aplicada en 2006 y la post-encuesta del 2012, no muestra cambios en la percepción de que la basura es el principal problema ambiental de Isla Mujeres aunque se observa que bajo de un 60% a un 46.7%. En cuanto que tan grave es el problema de la basura. En la primera encuesta un 55% lo considero de muy grave a grave, mientras que en la segunda un 40.6% lo considero de muy grave a grave, tabla 1. En la práctica se observó mayor atención al problema de la basura por parte del Gobierno Municipal de Isla Mujeres en las administraciones 2008-2011, 2011-2013, con la compra de los camiones se beneficiaron las colonias populares por lo que la perciben que el problema de la basura ha disminuido, además se debe considerar la intervención educativa, las campañas de limpieza y los canastos.

Tabla 1. Comparación percepciones

Año	2006	2012
¿Cuál es el principal problema ambiental en Isla Mujeres?	La basura 63%	La basura 46.7%
¿Qué tan grave es el problema de la basura en Isla Mujeres	Muy Grave y Grave 55%	Muy Grave y Grave 40.6%

Para conocer que medios utilizados en el PEASRIM fueron los que permitió que la población se enterará sobre la separación de residuos en Isla Mujeres. En la figura 2, se muestra que la televisión ocupó el primer lugar con un 26.7%, seguida de las pláticas con un 19% y cursos y talleres con casi un 12% todas estas actividades resultaron ser estratégicas para lograr la participación en el programa educativo y en la gestión para la implementación de la recolección de residuos.

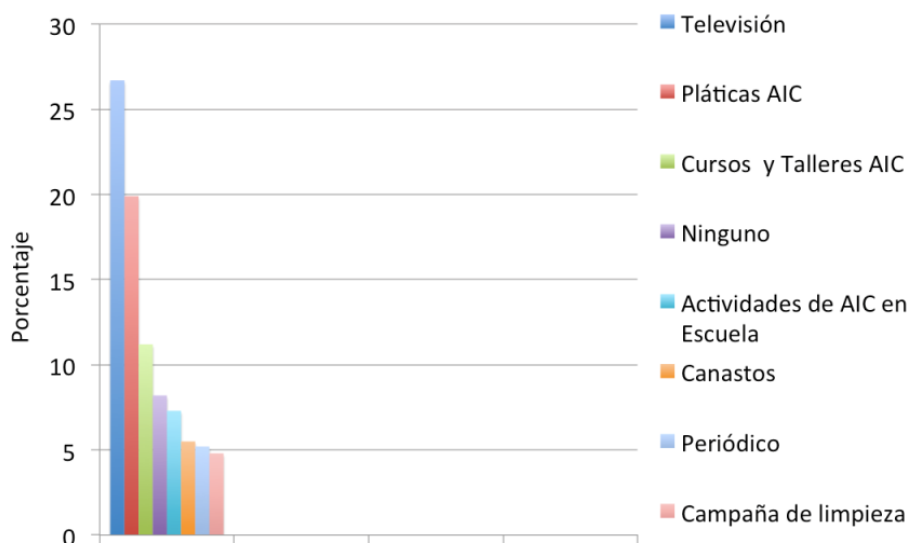


Figura 2. Principales medios de EA para informar sobre la separación de residuos en Isla Mujeres

Aunque los tiempos en televisión son muy costosos, AIC aprovecho la oportunidad para difundir los resultados del PEASRSIM, en el programa de televisión “Cancunamonos”, que aborda temáticas de interés social, cultural, ambiental y casos de éxito. Este material para la televisión, tuvo un segundo uso como material didáctico y de difusión en los cursos y talleres.

4. CONCLUSIONES

La Educación Ambiental desde el enfoque metodológico de la Educación Popular, la Investigación Acción Participativa y el paradigma constructivista son una amalgama necesaria para generar cambios sociales en programas de gestión socio-ambiental como pueden ser la gestión de los residuos

El municipio, institución o asociación que implemente un Programa de Educación Ambiental para la Gestión de los Residuos, debe desde un inicio buscar la colaboración de actores clave. Los programas donde se fomenta la participación del gobierno, instituciones educativas, asociaciones, empresas, medios de comunicación y de la sociedad, puede lograr que sus destinatarios adquieran mayor compromiso y un comportamiento pro-ambiental en sus actividades cotidianas.



Entre los factores que han contribuido al seguimiento de los programas de Educación Ambiental, se encuentran: grado de consolidación, el nivel de colaboración interinstitucional, interés del gobierno municipal y los recursos económicos disponibles. Los factores limitantes es la falta de todo lo anterior.

Los Programas de Educación Ambiental, no sólo se deben enfocar en promover la gestión de los residuos inorgánicos para el reciclaje, sino que se debe promover y valorizar los residuos orgánicos, en el caso que nos ocupa, se necesita llevar a la práctica proyectos de compostaje y captura de lixiviados como fertilizantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Plan de Desarrollo Municipal de Isla Mujeres 2013-2016 (9 de junio de 2014)
<http://islamujeres.gob.mx/PDM/PMD%20Isla%20Mujeres%202013-2016.pdf>
- [2] Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos en el Estado de Quintana Roo. 2009-2011 (4 de junio de 2014). www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/gestionresiduos/pepgir_quintana_roo.pdf
- [3] Bru M.P. & Basagoiti R.M. (2002). *La Investigación-Acción Participativa como metodología de mediación e integración socio-comunitaria*.
- [4] Butler, P. 2007. (11 de junio de 2014).
<http://www.rare.org/sites/default/files/Rare%20Pride%20Handbook%20English%20low%20res.pdf>
- [5] García Ruvalcaba S. Jardel Peláez E. J., Graf Montero S., Santana Castellón E., Martínez Rivera L.M. Pérez Carrillo G. Educación Ambiental y Manejo de Ecosistemas en la Región Sierra de Manantlán, Jalisco. En Castillo A. y González Gaudiano E. (Coords.) *Educación Ambiental y Manejo de Ecosistemas en México*. 2010. SEMARNAT-INE. pp.71-102.

[Indice](#)



El Manejo de Residuos Sólidos desde la Perspectiva de la Educación Ambiental

¹Emma González Carmona, ²Elizabeth Díaz Cuenca

¹ Instituto de Estudios sobre la Universidad de la UAEMéx. Paseo Tollocan 1402 Poniente, Ciudad Universitaria
C.P. 50110. Tel. 52- 722 2145351. emmagcarmona@yahoo.fr

²Facultad de Planeación Urbana y Regional de la UAEMéx.

RESUMEN

México está sumido en una problemática ambiental creciente, una manifestación de ésta es el manejo de residuos sólidos urbanos (RSU). Así, la educación ambiental se identifica como una estrategia del Estado que puede incidir en la solución del manejo de los RSU.

Por ende, el objetivo de este trabajo es: Diseñar del programa de educación ambiental para el manejo de residuos sólidos en la comunidad de San Pedro Atlapulco, México, para cambiar las actitudes, prácticas, conocimientos y valores que conlleven a la “Basura Cero”. Para ello, la metodología que permite el cumplimiento de éste, se basa en el análisis y prospección, e incluye: Las características de la población; los instrumentos institucionales de educación y; la caracterización del tema del manejo de los RSU.

Los resultados se evidencian en las estrategias de aprendizaje que se sustentan por los enfoques constructivistas, con el tema “Estilos de vida sostenibles” compuesto por: Residuos sólidos y consumo, y “Basura Cero” que incluye principios rectores de política, tales como: De autosuficiencia; de desarrollo sustentable; de prevención y minimización; de aprovechamiento y valorización; de manejo seguro y ambientalmente adecuado; de comunicación, educación y capacitación; de información; de participación social; de responsabilidad compartida; de quien contamina paga; de desarrollo tecnológico; de armonización de las políticas; y Principio precautorio.

Asimismo, el programa de Educación Ambiental “Basura Cero” promueve la incorporación de los materiales o residuos sólidos urbanos a nuevos ciclos productivos y a la naturaleza de manera armónica. Esto implica transformaciones graduales en el modo de producir y distribuir lo que se consume.

Palabras Clave: *Educación Ambiental, manejo de residuos sólidos, perspectiva.*

1. INTRODUCCIÓN

La problemática que deriva este trabajo es la falta de educación en el manejo de los residuos sólidos en la localidad de Atlapulco, en contraparte se identifica el ciclo de gestión basado en la estrategia Basura Cero como una alternativa de solución.

El manejo de los residuos sólidos urbanos en la localidad es deficiente, pues muchas veces el destino de éstos son espacios periféricos a cielo abierto, fosas, depósitos en los afluentes e incluso su. Esta problemática compleja subyace principalmente por la gestión de los residuos sólidos en Atlapulco, así como por las prácticas, actitudes, conocimientos y valores de la población hacia el manejo de los mismos. En este sentido la forma de consumo, el manejo y la disposición se integran en la estrategia Cero Basura como una estrategia de vida que disminuye la huella ecológica de la población, reflexiona y se hace responsable por lo que compra y lo que desecha, pero también se cuestiona e incluye en el manejo a los productores y al Estado en el manejo que se vislumbra sustentable.

Los efectos de la práctica desordenada del manejo de los residuos por la población y el servicio de recolección y limpia de la comunidad atlapulqueña por la disposición inadecuada de los residuos a lo largo del territorio, son a todas luces



perniciosos para: La sanidad de los afluentes de un espacio productor de agua; el paisaje natural y urbano; el suelo; en general para los ecosistemas que cohabitan la zona de estudio; y la calidad del aire, entre otros.

Con base en estos referentes, se considera que un programa de Educación Ambiental se convierte en un instrumento para contrarrestar el problema complejo del deterioro por el deficiente manejo de los residuos sólidos, con la integración del diálogo disciplinario, pues en la propuesta se conjugan perspectivas híbridas psicopedagógicas, éticas, educativas y ambientales; y actores como la población y las autoridades comunales y delegacionales. Por ello se define que el programa integra el público objetivo, el contexto problemático del manejo de los residuos sólidos y los referentes de la educación no formal [1].

Con respecto a los referentes internacionales de los residuos sólidos urbanos, la Agenda 21, surgida en Río de Janeiro en 1992, instituye los principios centrados en: Reducción de residuos en la fuente; inventario de ciclo de vida; precaución; control integral de la contaminación; estandarización; autosuficiencia; proximidad; soberanía; el que contamina paga y; participación pública. Asimismo establece que la reducción y el reciclaje son estrategias clave una gestión sustentable de los residuos sólidos.

De manera complementaria, Cabrera (2014), muestra el conjunto de principios rectores de la política ambiental de residuos, tales como: Principio de autosuficiencia; principio de desarrollo sustentable; principio de prevención y minimización; principio de aprovechamiento y valorización; principio de manejo seguro y ambientalmente adecuado; principio de comunicación, educación y capacitación; principio de información; principio de participación social; principio de responsabilidad compartida; principio de quien contamina paga; principio de desarrollo tecnológico; principio de armonización de las políticas y; principio precautorio. Los cuales dan cuenta de la complejidad y responsabilidad de quienes los producen, de los consumidores y del Estado en la gestión y su compatibilidad con la estrategia Basura Cero. Con base en los principios del comportamiento del manejo de los residuos sólidos se sugieren acciones *in situ* [2].

Es necesario recordar que Basura Cero es una solución integral, por ejemplo: Se reducen los impactos sobre el ambiente y la salud; se preservan de los recursos naturales a través del consumo responsable; se evita el gasto innecesario de materia y energía; incide en la reducción del uso de tóxicos; se permite el fortalecimiento de las economías locales; con “Basura Cero” se generan empleos que permiten aprender a la población y dan sentido al trabajo; se fomenta la participación para mejorar las condiciones de vida de su comunidad.

Para ello se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son componentes de considerar en un programa de EA que trascienda en el manejo sustentable de los residuos sólidos? Con ello, se establecen los objetivos que guían este trabajo.

Objetivo general: Elaborar un programa de Educación Ambiental que trascienda en el manejo sustentable de los residuos sólidos en la localidad de San Pedro Atlapulco, Ocoyoacac, México, a través del análisis de la problemática ambiental *in situ*; las características de los comuneros y los referentes de la educación no formal.

Objetivos específicos: Exponer la importancia de la EA en el manejo de los residuos sólidos urbanos para hacer de “Basura Cero” una forma de vida; caracterizar la problemática ambiental en torno al manejo de residuos sólidos en la comunidad de Atlapulco; caracterizar el público objetivo para el diseño de estrategias pedagógicas.

Para cumplir con los objetivos, se plantea la siguiente metodología que parte del análisis y concluye con la propuesta educativa que incide en la problemática identificada en el área de estudio.

2. METODOLOGÍA

a) Elaboración del marco referencial de la Educación Ambiental a partir de: Identificación de la importancia como estrategia, instrumento del Estado, así como de los compromisos internacionales y nacionales adquiridos en los diversos



foros en materia y su incidencia en el manejo de residuos sólidos urbanos y el consumo responsable; así como el análisis de los principios y sustentos normativos que respaldan el manejo de éstos y la estrategia Basura Cero.

b) Caracterización de la problemática ambiental a través del análisis del contexto social, económico y ambiental de la comunidad de San Pedro Atlapulco a partir de: Ubicación y delimitación de la zona de estudio; observación directa en la zona de estudio; identificación de la problemática ambiental generada por el manejo de los residuos sólidos; diseño del instrumento (cuestionario) para la identificación de los conocimientos en torno al manejo; integración, organización y análisis de la información obtenida por el instrumento y; la selección de información más relevantes para su integración en el programa de Educación Ambiental.

c) Diseño del programa de educación ambiental no formal que conlleven al cambio de actitudes, conocimientos y valores de los mismos a través de los sustentos de la educación no formal institucionales que hacen viable el programa; organización del conocimiento derivado del instrumento y observación, así como de los preceptos de la estrategia Basura Cero y la gestión integral de residuos sólidos; identificación las experiencias constructivistas y extrapolarlas en el programa así como para el diseño de las estrategias pedagógicas y actividades (talleres didácticos, audiovisuales, manuales, experimentales, obras de teatro, exposiciones, juegos, etc.) que contribuyan al cambio.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caracterización de la problemática permitió identificar los efectos de contaminación y deterioro, por el tipo de manejo de los residuos sólidos, a la par se identifican los que contaminan, los procesos de contaminación o deterioro, los contaminantes, y las posibles alternativas para detener ese proceso de deterioro. A la par se precisa resaltar los beneficios en términos con base en la estrategia Basura Cero y la consiguiente gestión integral de residuos sólidos urbanos.

Con respecto al sustento normativo, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (DOF, 2003 en Carrillo y Hernández, 2014) , define los residuos sólidos urbanos (RSU) como los generados en las casas habitación como resultado de la eliminación de los materiales que se utilizan en las actividades domésticas, además incluye los que provienen de otra actividad que se desarrolla en establecimientos o en la vía pública, con características domiciliarias, y los resultantes de las vías y lugares públicos siempre que no sean considerados como residuos de otra índole [3].

Así, la “Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente”(LGEEPA) describe los artículos del manejo de los residuos sólidos, y en la legislación estatal, la “Ley de Protección al Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de México”, se determina el manejo de los residuos y las competencias entre el estado y los municipios.

En la escala estatal las leyes del Estado de México refieren al Código para la biodiversidad del Estado de México y la Ley Orgánica Municipal del Estado de México aspectos concernientes a los residuos sólidos, tales como la división de las competencias, con ello, en el Capítulo V se evidencia la problemática del manejo a través de “Generación, manejo, transporte, tratamiento, reúso, reciclaje y disposición final de los Residuos Sólidos Municipales, Domésticos e Industriales no Peligrosos” por lo que se abordan de manera exhaustiva los procesos para el manejo de los residuos.

La “Ley Orgánica Municipal del Estado de México” es base legislativa para los municipios del Estado, y a su vez se fundamenta en la “Constitución Política del Estado Libre y Soberano de México”, en donde cada municipio puede expedir un reglamento relacionado con el Servicio Público de Limpia, dentro del cual se definen los objetivos, medidas, requerimientos y responsabilidades para el manejo adecuado de los residuos sólidos municipales generados en el municipio, por lo que se explican las obligaciones ciudadanas en la gestión de los residuos, así como en las formas de control y las sanciones al no cumplir con el reglamento.

En relación con las características de Atlapulco, según Alvarado, *et al.*, (2012), ésta tiene una población de 3662, el nivel de analfabetismo en la población de 15 años y más llega a 4.01% y predominan las mujeres [4].



En el diagnóstico elaborado por Carrillo y Hernández (2014), se identifica una diversidad de residuos que pueden ser reusados. Aunque el predominante es el orgánico destacan los de cartón y plástico; esto en el centro de la localidad. Cabe destacar que el PET y el aluminio de las latas son vendidas por los comuneros ya que esta práctica ya es reconocida y canalizada a quienes las empresas que la pueden reciclar. En tanto que los residuos sólidos tienen un gran potencial para realizar abonos orgánicos que pueden contribuir a la producción de traspatio como un agregado a la economía local. Con base en este comportamiento el programa de educación ambiental dirigido a los comuneros integran conocimientos, experiencias y prácticas del manejo de otras experiencias nacionales e internacionales de fácil adaptación en su vida cotidiana [3].

Otro aspecto importante que subyace en este ejercicio es el apoyo de las autoridades comunales y delegacionales de Atlapulco, ya que por la presencia de residuos sólidos ven afectadas sus actividades turísticas y la contaminación de sus caudales y reservas en sus mantos freáticos por procesos de lixiviación, así como por el deterioro de los ecosistemas de los depósitos de residuos sólidos en lugares no adecuados.

De acuerdo con la guía para elaborar programas de educación ambiental no formal publicada por SEMARNAT (2009) en Gómez y Rocha (2013) un programa de EA es una secuencia integrada de experiencias y materiales educativos, planeados con la intención de alcanzar objetivos particulares. En general, se consideran instrumentos estratégicos para lograr las metas de una organización. Asimismo pueden consistir en un conjunto de actividades de corto y largo plazo que busquen el desarrollo de competencias y valores en una comunidad [5].

El programa de Educación ambiental está compuesto por tres bloques: ¿Qué tipo de cosas desechamos?; ¿Qué hacemos con las cosas que ya no queremos? y; ¿A qué nos comprometemos para reducir? Con base en base en ello, se desarrolla cada uno de los bloques, en este caso se ejemplifica exhaustivamente el primero.

Bloque I ¿Qué tipo de cosas desechamos?

- a) Estrategia introductoria: Identificar las diversas características de residuos sólidos que más se desechan.
- b) Estrategia de desarrollo: Mostrar la clasificación de los residuos sólidos para poder aprovecharlos y las ventajas de clasificación para las R's.
- c) Estrategia de producción: Exponer en mapas mentales la taxonomía y el posible destino; Lotería de los residuos.
- d) Ambientes de aprendizaje: Información: Característica de los diversos residuos; clasificación de los R. sólidos: Orgánicos e inorgánicos; RS Urbanos: cartón, plásticos, vidrio y aluminio; ventajas por la clasificación; producción: Se identifican las características de los RS; se analizan las características de los RS; se valoran las ventajas de la clasificación; exhibición: Participación en la clasificación de los RS que se identifican en Atlapulco; exposición de cuadros de comparación de desintegración de los diversos tipos de RS; participación en juegos grupales de las características y ventajas de la clasificación.
- e) Secuencia: Apertura: El instructor pregunta por las características de los diversos RS, el comunero identifica las características de los RS; el instructor integra las participaciones para identificar y caracterizar los componentes; Desarrollo: El instructor pregunta si existe diferencia en lo que se denomina RS y basura, entonces esta pregunta sirve de introducción para señalar la importancia de la clasificación; el comunero identifica la problemática por la presencia de los RS; el comunero identifica las características y las potencialidades después de haber desechado; Cierre: El comunero identifica el historial de vida de diversos tipos de residuos en un cuadro; el instructor



pregunta por los compromisos de clasificar para la reusar, reparar y reciclar y éstos se integran en un mapa mental.

- f) Dimensiones del aprendizaje: Adquisición y organización del conocimiento.
- g) Procedimiento de evaluación: Exposición del trabajo grupal a través de un mapa mental.
- h) Instrumento: Lista de cotejo
- i) Recursos: Recursos: Área verde, Sala, mesas, sillas, pintarrón, papelería, colores, diversos tipos de residuos, hojas bond, CPU, proyector, imágenes.

Bloque II ¿Qué hacemos con las cosas que ya no queremos?

- a) Estrategia introductoria: Identificar las 5R's: ventajas y desventajas; disminuir de la Huella ecológica.
- b) Estrategia de desarrollo: Describir las 5R's y la relación entre ellas.
- c) Estrategia de producción: Expresar el ciclo de manejo de las 5R's, así como de las acciones en este ciclo.

Bloque III ¿A qué nos comprometemos para reducir?

- a) Estrategia introductoria: Identificar las instituciones que promueven las acciones en las 5R's.
- b) Estrategia de desarrollo: Ejemplificar acciones exitosas de las 5R's e identificar el trasfondo de la producción de RS.
- c) Estrategia de producción: Reflexionar sobre la historia de las cosas; elaborar subproductos derivados de los RS: talleres.

4. CONCLUSIONES

San Pedro Atlapulco es una comunidad participativa; pues su organización tiene como pilar el trabajo colectivo, las faenas, por lo que la gestión integral de los residuos puede ser parte de la organización y la consiguiente generación de ingresos para los comuneros, así como para la reducción de la contaminación y del deterioro.

Con respecto a los objetivos trazados, se logró en este programa, la incorporación implícita de las características de aprendizaje de los comuneros, en especial en el diseño de las estrategias de aprendizaje, así como la organización de los conocimientos y la profundidad del tratamiento de la temática con base en las necesidades de los comuneros y del contexto del manejo de los residuos sólidos.

En la propuesta, el promotor de educación además de ser experto en la temática, debe tener una gran vocación y conocimiento de disciplinas de la educación. Estas características dan cuenta del diálogo disciplinar.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] González, E. 2011. “Una Propuesta metodológica para la instrucción ambiental: Componentes para la incorporación de temas ambientales prioritarios”. Revista *Proyección*. Núm. 10. 30 de junio de 2011. Instituto CIFOT, Argentina, pp. 69-90
- [2] Cabrera G, A.C. Propuesta para una Gestión Sustentable de Residuos Sólidos Urbanos en el Municipio de Metepec, Estado de México. *Tesis para obtener el título de Ciencias Ambientales*. Universidad Autónoma del Estado de México. 2014. Toluca, México. Págs. 169.
- [3] Carrillo A. L. y Hernández R. N. 2014. “Manejo de residuos sólidos y la percepción de la problemática en la localidad de San Pedro Atlapulco, Municipio de Ocoyoacac, Estado de México”. *Memorias del XIII Congreso Internacional y XIX Congreso Nacional de Ciencias Ambientales*. Tomo (1. Ambiente y valores) pp. 73-79
- [4] Alvarado Granados, Alejandro Rafael, E. González Carmona y E. Díaz Cuenca. “Los componentes del sistema del manejo del agua en una cuenca rural: aproximación metodológica” en Alvarado Granados, Alejandro Rafael (Coordinador), *Experiencias en el tratamiento de aguas residuales domésticas en el Estado de México*. Primera edición. (2012). Universidad Autónoma del Estado de México Toluca. Págs. 245.
- [5] Gómez G. E., Rocha H. S. Parque Estatal Alameda Poniente, San José de la Pila (Alameda 2000): Una propuesta de Educación Ambiental, 2012, *Tesis para obtener el título de Ciencias Ambientales*. Universidad Autónoma del Estado de México. 2013. Toluca, México. Págs. 194.

[Indice](#)



Análisis Prospectivo del Programa de Separación de Residuos Sólidos en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara: La visión de los Alumnos

¹Alicia Loeza Corichi, ²María Eugenia Loeza Corichi, ¹Norma Angélica Sandoval Delgado, ¹Martha Patricia Lara Alcalá, ¹Barrera Sánchez Carlos Félix

¹Departamento de Ciencias Ambientales, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. Km. 15.5 Carretera a Nogales, Nextipac, Zapopan, Jalisco. C.P. 451110 Tel (33) 3627 7067 aloeza@gmail.com

²Departamento de Medicina Veterinaria, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara

RESUMEN

Una de las políticas del Plan de Desarrollo al 2030 del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) es promover el desarrollo sustentable y la cultura ambiental. Por ello se contempla dentro de éstas al Programa de separación de residuos sólidos. Como un primer acercamiento se aplicó un cuestionario piloto con 70 alumnos de las carreras de Biología y Medicina Veterinaria, para conocer su visión y opinión sobre el programa de separación de los residuos generados en CUCBA así como su actitud y participación respecto a dicho programa. La mayoría de los alumnos (63%) desconoce qué son los residuos sólidos urbanos (RSU). El 31.4% dijo conocer el programa de separación de residuos sólidos en el CUCBA y de este el 74.2% aseguró no saber en qué consiste. Un 95.7% declaró que deposita de forma separada sus residuos y el 64.3% declaró que considera importante que se realice el programa en CUCBA. En contraste, el 74.3% dijo que no separa los residuos en casa debido a que en el camión recolector de basura se mezclan los residuos (60%). Como conclusiones preliminares se encontró que una mayoría de estudiantes no conoce qué son los residuos sólidos urbanos en tanto que el 68.6% de los alumnos del Centro Universitario declaró desconocer el programa. Sin embargo, casi la totalidad aseguró separar sus residuos para depositarlos en los contenedores correspondientes. Lo anterior contrasta con la práctica de la no separación de residuos en casa así como con su declaración de considerar importante la realización del programa de separación de residuos en CUCBA.

Palabras clave: *Estudiantes, gestión, licenciatura, residuos*

1. INTRODUCCIÓN

Con el nacimiento y consolidación de los grandes núcleos urbanos se gesta el problema de la generación, recolección, manejo y disposición de los residuos generados por las poblaciones. Debido a la velocidad en que se producen estos residuos y su naturaleza, el ambiente no los puede asimilar por medio de los ciclos naturales. Por ello, se originan las primeras medidas para el tratamiento técnico de dichos elementos. Sin embargo, la mayoría de la población no toma en cuenta los problemas ambientales generados por la disposición de los residuos sólidos [1] y por ello no valoran las consecuencias de este problema en el ambiente y por consecuencia, en la salud humana.

Se estimaba que en México, para el año 2004 una población de 105'350, 000 habitantes generó 0.900 kg/habitante/día de residuos sólidos. Mientras que para el año 2010 con una población de 106'452, 000, se generaron 0.910 kg/habitante /día. Para el año 2015 se ha calculado que con una población de 116'345, 000 se generarán 1.01 kg/habitante /día [2]. Es decir, que la tendencia del crecimiento poblacional conlleva también al crecimiento en la cantidad de residuos sólidos generados cada día.

Las instituciones de educación no son la excepción al problema, pues en ellas también se generan residuos sólidos de diferente composición como resultado de las actividades que se desarrollan en los planteles escolares. Por ello, en nuestro país la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) a través del Centro de Educación y



Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU) en conjunto con la Secretaría de Educación Pública (SEP) plantean entre sus líneas de acción la construcción de modelos de gestión ambiental escolar. Esto a nivel educación básica: preescolar, primaria, secundaria y media superior [3].

En particular, la línea de Manejo de Residuos Sólidos contempla como objetivo principal que la comunidad educativa participe en la disminución de residuos y en su manejo adecuado, para minimizar su impacto en el ambiente y en la salud. Lo anterior mediante la aplicación de las acciones de separación, reducción y reutilización, para lo que es necesario habilitar contenedores que permitan manejar de manera diferenciada los residuos y promover el consumo responsable de papel y otros insumos. Las escuelas, deben plantear como meta el reducir el consumo y por tanto la generación de residuos, con el propósito de reciclarlos al máximo. Para ello se sugiere: Identificar el tipo de residuos que se genera, de acuerdo a su origen y cuantificarlos; señalar el manejo que la escuela realiza de sus residuos; y, registrar el equipo con el que se cuenta [4].

Esta problemática de los residuos sólidos urbanos ha sido contemplada por diversas instituciones de educación superior. Son varios los casos de estudio, tales como la Universidad Autónoma de Baja California [5], [6], el CINVESTAV en Mérida, Yucatán [7], Universidad Autónoma del Estado de Morelos [8], el Instituto Tecnológico de Tepic [9] y la Universidad Autónoma de Nayarit [10], entre otras.

Para el caso de la Universidad de Guadalajara el manejo de los residuos sólidos comenzó en el 2009, con el Programa de Manejo de Residuos. Su objetivo es la capacitación de la comunidad universitaria en la separación de los residuos, la reutilización de residuos que lo permitan así como la creación de un Centro para el reciclado y para la generación de composta. Esto último en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), al contar con un terreno de 12,000 m² para la recolección de basura orgánica y de jardinería con lo que se realizará composta [11]. A partir de ello, en todos los centros universitarios se colocan contenedores diferenciados para que la comunidad universitaria realice la separación de los residuos al momento de depositarlos en los contenedores.

El Plan de Desarrollo Institucional visión 2030 aparece en el 2014 como política institucional el “promover el compromiso social e impulsar la vinculación con el entorno, así como la equidad, el desarrollo sustentable y la conciencia ecológica en el ejercicio de las diferentes actividades universitarias”. Estableciéndose como objetivos dentro la Extensión y Vinculación el “Desarrollar una cultura ambiental en los universitarios”, “Incluir formación ambiental y sustentable” y “Apoyar aquellos programas educativos que incluyan formación ambiental y sustentabilidad [12], [13].

De esta forma se crea el Plan Universitario de Sustentabilidad (PLUS), el cual se constituye en el “instrumento rector que define las políticas, programas, estrategias y acciones derivadas de la gestión ambiental, que adoptará la comunidad universitaria en el desarrollo de sus funciones sustantivas con un amplio compromiso institucional y proyección social que contribuya al desarrollo sustentable de la región” [13]. Se establecen tres grandes acciones sustentables: Gestión del Agua, Gestión de Energía y la Gestión Ambiental, conformándose de esta manera varios programas universitarios: Residuos, Agua, Energía, Calidad de Vida Universitaria, Transporte Universitario, Flora y Fauna así como Riesgos Ambientales [12], [13].

Como parte de la implementación del Programa de Gestión y Manejo Integral de Residuos Sólidos, en el CUCBA se colocaron de forma estratégica a finales del 2012 y principios del 2013, varios grupos de tres contenedores de material plástico: Residuos Orgánicos (color verde), Residuos Inorgánicos (color azul) y Residuos Biológico Infecciosos (color naranja). Lo anterior para facilitar el reciclaje de residuos. Para finales del mes de febrero de 2014 se colocaron en el CUCBA varios grupos de cuatro contenedores de material metálico: Residuos Orgánicos (color verde), Inorgánicos (color azul), Cartón y papel (color amarillo) así como Residuos de difícil reciclado (color negro). Esto para sustituir algunos grupos de contenedores plásticos, principalmente los que se ubican en áreas o cercanos a áreas abiertas (áreas verdes).

Después de varios meses de la colocación de los contenedores (tanto plásticos como metálicos) se observó que en el CUCBA la mayoría de ellos no son utilizados correctamente, ya que los residuos se colocan en cualquier contenedor sin importar su naturaleza. Esta situación obliga a preguntarse el por qué sucede así el uso de estos contenedores, aún cuando en los metálicos existe una descripción breve de los materiales que se deben de depositar en cada tipo.

Por ello se decidió realizar una investigación sobre este problema ya que resulta evidente a simple vista, que existen dificultades para la correcta implementación del Programa de Gestión y Manejo Integral de Residuos Sólidos en el



CUCBA. En esta primera fase, se conocerá y analizará la visión de los alumnos respecto de este programa. Posteriormente se trabajará en el mismo sentido con académicos, personal administrativo y de servicio de dicho centro universitario. Finalmente, se realizará un análisis del propio programa así como de su forma de implementación, para correlacionarlo con las visiones, actitudes y participación de los universitarios en dicho centro, determinando así el éxito o fracaso de este programa.

2. METODOLOGÍA

Se realizó la aplicación personalizada de un cuestionario para obtener información sobre el nivel de conocimiento del Programa de Separación de Residuos Sólidos de los alumnos. Buscando conocer de esta forma su visión, opinión, actitudes y participación en dicho programa.

Para ello se diseñó un cuestionario piloto que consta de 14 preguntas tanto de opción múltiple como de tipo abierto, que exploran las opiniones de los alumnos con relación a aspectos generales sobre el conocimiento del programa, del proceso de separación de residuos, de su participación en el mismo y del impacto que se genera en el Centro universitario por la presencia de estos residuos. El instrumento se aplicó primeramente en una muestra piloto de 20 alumnos elegidos al azar, solicitando que expresaran cuál era el nivel de claridad de cada una de las preguntas del cuestionario. A partir de lo obtenido en esta muestra piloto, se corrigieron errores de sintaxis.

Para el ciclo escolar 2014 A (febrero – junio) en el CUCBA se contó con una población de 4000 alumnos distribuidos en las carreras de Medicina Veterinaria, Biología, Ciencias Agronómicas, Agronegocios y Ciencias de los Alimentos. Se trabajó con una muestra seleccionada completamente al azar de 70 alumnos de diversos niveles (2º, 4º, 5º, 6º, 7º, 8º, 9º, 10º), dada la imposibilidad de acceder a la totalidad del universo de alumnos al momento de aplicar el cuestionario.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del total de una muestra de 70 alumnos a quienes se aplicó el cuestionario, 45 de ellos son del sexo femenino (64.3%) y 25 del masculino (35.7%) (Figura 1). De estos, 42 son alumnos de la Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia (60%); en tanto que 24 son alumnos de Biología (40%). De ellos, 14 tienen una edad entre los 18 y los 20 años (20%); 42 están entre los 21 y los 22 años (60%); en tanto que 14 se encuentran entre los 23 y los 25 años (20%).

Para la pregunta respecto a su conocimiento sobre los residuos sólidos urbanos, 44 declararon no conocer qué son (63%) en tanto que 26 dijeron si saberlo (37%). De los que dijeron si saber en qué consisten los RSU, cinco comentaron que es la basura que producimos en casa (19.2%); 12 dijeron que son los que recolecta el municipio (46.2%); tres dijeron que es separar la basura por tipo de contaminante (11.5%); en tanto que uno dijo que son los que incluyen metales pesados, plásticos, etc. (3.8%).

En la pregunta relativa a su conocimiento sobre el programa de separación de residuos del CUCBA, 48 alumnos comentaron no conocerlo (68.6%) y 22 declaró que si lo conoce (31.4%).

A la pregunta relacionada con la forma en que los alumnos conoce el programa de separación de residuos en el CUCBA, de los que contestaron que si lo conoce uno dijo que fue a través de la gaceta universitaria (4.5%); tres comentaron que fue a través de los maestros (13.7%); tres dijeron que fue a través de los compañeros (13.7%); 10 comentaron que mediante carteles en el CUCBA (45.4%); cinco mencionaron que fue por medio de los botes de basura (metálicos) (22.6%).

Cuando se les preguntó si conocen en qué consiste el programa, 52 alumnos contestaron que no lo sabe (74.2%) en tanto que solo 13 dijeron que si lo conoce (18.6%). En tanto que cinco no contestó (7.2%).

Para la pregunta referente a la descripción del programa de separación de residuos sólidos del CUCBA, de los alumnos que contestaron que si conocen el programa tres refirieron que consiste en tirar la basura de forma separada (23%); en



tanto que diez (77%) aseguró que consiste en la separación de residuos por tipo (orgánico, inorgánico y de difícil reciclado).

El 95.7% de los alumnos (63 de ellos) declaró que si separa sus residuos en el CUCBA en tanto que el 4.3% (7 alumnos) dijo no realizarlo.

Cuando se les cuestionó acerca de la frecuencia con la que depositan sus residuos de forma separada en el CUCBA, 40 alumnos declararon que lo hace siempre (57.1%); el 24.3% dijo que casi siempre lo hace (17 alumnos); un alumno dijo que solo lo hace algunas veces (1.4%); tres alumnos confesaron hacerlo ocasionalmente (4.3%); en tanto que ningún alumno contestó que nunca lo realiza. Sin embargo, 10 alumnos no contestaron la pregunta.

A la pregunta de que en caso de separar sus residuos para depositarlos en el CUCBA, las razones aludidas fueron las siguientes: Por la pereza el 4.3%; por falta de conocimiento el 1.4%; por la prisa para depositar los residuos un 8.6%; por falta de responsabilidad el 1.4%; por insuficiencia en el número de botes de basura el 4.3%; por falta de información sobre el programa de separación de residuos en el CUCBA el 1.4%; el 7.1% dijo que se debe a la insuficiente capacidad de los botes de basura; un 8.6% comentó que es porque existe una mala ubicación de los botes de basura.

Para la pregunta si considera importante que se realice el programa de separación de residuos en el CUCBA, 45 alumnos (64.3%) dijo que si lo consideraba importante; un alumno contestó que no lo considera importante (1.4%) en tanto que siete (10%) no sabe si es importante que se realice el programa en el CUCBA y 17 alumnos no contestaron la pregunta (24.3%).

En cuanto a las razones relacionadas con la importancia de llevar a cabo este programa de separación de residuos en CUCBA, los alumnos argumentaron lo siguiente: Para no contaminar el 12.8% (9 alumnos); para facilitar el reciclado un 14.3% (10 alumnos); para cuidar el ambiente el 28.6% (20 alumnos); un 8.6% dijo que por las carreras que se cursan en el centro universitario (6 alumnos); el 4.3% reveló que es por desconocer si en realidad se da un adecuado tratamiento a los residuos (3 alumnos); un 4.3% dijo que desconoce si los encargados de limpieza del CUCBA respetan la separación (3 alumnos); por desconocer el programa (1 alumno); porque la ley nos obliga (1 alumno).

Para el cuestionamiento relativo a la separación de residuos en casa, 18 alumnos comentaron que si lo hace (25.7%) mientras que el 74.3% (52 alumnos) dijo que no lo hace.

Cuando se les preguntó respecto a las razones por las cuáles si separan los residuos en casa, contestaron lo siguiente: para facilitar el reciclaje (12.8%); para hacer composta (1.4%); para no contaminar (2.8%); si no separa el camión no se lleva la basura (1.4%); y por costumbre (8.6%).

Cuando se les preguntó respecto a las razones por las cuáles no separan los residuos en casa, contestaron lo siguiente: falta de organización (1.4%); en casa no se respeta la separación (4.3%); no se tiene la costumbre (4.3%); en el camión de basura se mezclan los residuos por lo que no se respeta la separación (60%); por irresponsabilidad de la familia (1.4%); y por falta de depósitos diferenciados (1.4%).

El 92.9% de los alumnos considera a los residuos sólidos como un problema en el CUCBA. Mencionaron las siguientes razones: por la contaminación (30%); porque no se recicla (2.8%); porque somos muchos (8.6%); por los problemas de salud ambiental y humana (15.7%); por falta de cultura/educación (4.3%); porque debe concientizarse a los alumnos en la separación de los residuos (1.4%). Mientras que el 2.8% no lo considera un problema y el 4.3 % no sabe si los residuos son un problema en el centro universitario.

A la pregunta referente al impacto de la basura del CUCBA en el ambiente, los alumnos contestaron lo siguiente: Genera impacto en general por la contaminación (45.2%); el 10% mencionó que el impacto es visual; en tanto que para el 42% existe impacto en la salud ambiental y humano. Sin embargo, el 2.8% no sabe si existe impacto de la basura del CUCBA en general para el ambiente.

De acuerdo a los resultados preliminares, la mayoría de estudiantes no conoce qué son los residuos sólidos urbanos (63%) en tanto que el 68.6% de los alumnos del Centro Universitario declaró desconocer el programa. Sin embargo, casi la totalidad (95.7%) aseguró separar sus residuos para depositarlos en los contenedores correspondientes. Lo anterior contrasta con la práctica de la no separación de residuos en casa (74.3%) así como con su declaración de considerar importante la realización del programa de separación de residuos en CUCBA (64.3%).



Es decir, que aún cuando la mayoría comenta que si separa sus residuos en el centro universitario, al revisar los contenedores se observa que los residuos se encuentran mezclados; además de que existe basura en el suelo cerca de los contenedores (metálicos y de plástico).

Lo anterior puede indicar que las medidas para dar a conocer el programa de separación entre los alumnos en el CUCBA no fueron las adecuadas, además de que la percepción de los mismos respecto a la mezcla de residuos en el camión recolector puede indicar que es probable que en la práctica, ellos necesitan de un programa de educación ambiental específico a fin de conocer la importancia de separar los residuos así como las consecuencias de no hacerlo y crear conciencia en ellos.

4. CONCLUSIONES

Se puede concluir que un buen programa de separación de residuos en planteles escolares de educación superior debe ser bien diseñado, promocionado y ejecutado; pero además debe contar con la participación de todos los involucrados para que pueda ser efectivo pues la sensibilización y concientización de cada participante debe traspasar las fronteras de los planteles y llegar a casa como una forma de vida.

De acuerdo a experiencias similares en otras instituciones de educación básica [4] y superior [5], [7], [9] una forma efectiva de llevar a cabo sus programas de separación de residuos comienza con la realización de un diagnóstico relativo a la generación de residuos y su naturaleza; la realización de campañas de sensibilización y de educación para la separación de residuos que involucren a todos los miembros de la comunidad educativa, incluyendo a los vendedores de alimentos [10].

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. UNED, 2014. (2 de mayo del 2014). Gestión y tratamiento de residuos urbanos. En: www.uned.es.biblioteca/rsv/pagina5.html
2. Gutiérrez A., V. *Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos*. INECC. 2012. SEMARNAT. México. Página 114
3. SEMARNAT. 2014a. (10 de junio de 2014). Ser EV - Escuela Verde. En: <http://escuelaverde.semarnat.gob.mx/index.php/2012-05-25-23-04-21/2012-05-25-23-50-29>
4. SEMARNAT. 2014b. (10 de junio de 2014). Líneas - Manejo de Residuos Sólidos. En: <http://escuelaverde.semarnat.gob.mx/index.php/2012-05-25-23-05-00/2012-05-25-23-55-39>
5. Armijo de Vega, C., Ojeda B., S. y Ramírez B., M.E. El manejo adecuado de los residuos sólidos universitarios como instrumento de educación ambiental no formal. *Memoria del I Foro Nacional sobre la incorporación de la perspectiva ambiental en la formación técnica y profesional*. 2003. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí. Páginas 2–11.
6. Armijo de Vega, C., Ojeda B., S., Ramírez B., M.E. y Quintanilla M., A. 2006. “Potencial de reciclaje de los recursos de una institución de educación superior: El caso de la Universidad Autónoma de Baja California”. *Ingeniería*. Vol. 10 (3). Pp. 13 – 213.
7. Maldonado L. 2006. “Reducción y reciclaje de residuos sólidos urbanos en centros de Educación Superior: Estudio de caso”. *Ingeniería*. Vol. 10 (1). Pp. 59 – 68.



8. Macedo A., B., Ortiz H., N.L. y Sánchez S., E. 2009. (2 de junio de 2014). Plan de Manejo Integral para Instituciones de Educación Superior. En: www.uaemex.mx/Red_ambientales/docs/memorias/extenso/PA/
9. Rosales-Flores M., Saldaña-Durán C., Toledo-Ramírez V. y L. Maldonado. 2013. “Reciclado de los residuos sólidos urbanos generados en el Instituto Tecnológico de Tepic: Caracterización y potencial”. *Fuente nueva época*. Año 4, No. 13. Pp. 6 – 14.
10. Quiñonez Zárate, L.A., Romero Mariscal, S.A. y Barraza Salas, J.H. Programa de separación de residuos sólidos de la Unidad Académica de Odontología de la Universidad Autónoma de Nayarit. *Memorias del V Congreso Internacional de Educación, II Congreso Latinoamericano de Ciencias de la Educación y IV Coloquio “Prácticas docentes con apoyo de las TIC’s”*. 2013. Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali. Memoria Académica electrónica. Págs. 1 – 12.
11. Coordinación de Vinculación y Servicio Social. 2009. (25 de abril del 2014). Programa de manejo de residuos en la Universidad de Guadalajara. En: www.plus.udg.mx
12. Universidad de Guadalajara. 2013. (20 de abril de 2014). Plan Universitario de Sustentabilidad (PLUS). En: www.plus.udg.mx
13. Universidad de Guadalajara, 2013 (20 de abril de 2014). Plan de Desarrollo Institucional 2030. En: www.udg.mx

[Indice](#)



Detección de Residuos Electrónicos domésticos en el Valle de Toluca

¹María del Consuelo Mañón Salas, ²María del Consuelo Hernández Berriel, ¹Martha Montes de Oca Herrera, ²Laura Verónica Díaz Archundia, ²María Isabel Camacho Martínez

¹Universidad Politécnica del Valle de Toluca, Carretera Almoloya de Juárez, Km. 5.2, 50904, Santiaguillo Tlailalcali, Almoloya de Juárez, Edo. de México, México. consuelomanon@gmail.com

²Instituto Tecnológico de Toluca, Av. Instituto Tecnológico s/n. Frac. La Virgen 52149, Metepec, Edo. de México, México.

RESUMEN

La búsqueda de mayor bienestar, la innovación y la globalización del mercado han llevado al ser humano a un proceso de constante sustitución, renovación y finalmente desecho de productos electrónicos. Tan sólo los residuos de computadoras, teléfonos celulares y televisores en el mundo ascendieron a 5.5 millones de toneladas en 2010 y se estima que llegarán hasta 9.8 millones de toneladas en 2015. De acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología, sólo se recicla uno de cada diez kilogramos de residuos electrónicos (RE). Al considerar el tipo de sustancias que se emplean en su fabricación, tales como metales y retardadores de flama, entre otros, los RE representan un riesgo latente para la salud del ser humano. Por lo anterior, este trabajo tuvo por objetivo determinar los equipos electrónicos almacenados (pasivos electrónicos) en las casas habitación del Valle de Toluca y conocer los motivos; para lo cual se aplicó una encuesta a una muestra representativa de la población de 15 a 64 años (95% de confianza). Después de analizar la información se determinó que los equipos con mayor frecuencia a almacenar son los celulares (30%), televisores (17%), video juegos (12%) y equipos de sonido (11%). Entre las causas, los encuestados contestaron que los guarda para mandarlos a reparar, porque no sabe qué hacer con ellos, para venderlos y por razones afectivas; sin embargo el 78 % respondió que no había asistido a algún curso de educación ambiental y el 18% que no creían que pudieran causar daños a la salud o al ambiente.

Palabras Clave: Educación ambiental, Pasivos Electrónicos, Residuos.

1. INTRODUCCIÓN

La “Era Digital” no solo ha transformado la forma de vivir de los seres humanos, el modo de comunicarse, el cómo, cuándo y dónde se relacionan, se educan, trabajan y hasta la manera en que emplean el tiempo libre. La mayoría de la gente está inmersa en una carrera desenfrenada de permanente evolución tecnológica, diariamente puede verse cómo cambian los dispositivos, las herramientas y la conectividad para desarrollar las actividades. Desde la perspectiva del consumidor se asume que los dispositivos electrónicos son efímeros y que cada vez duran menos, debido a su rápida evolución y a la reducción en los precios. De acuerdo al Programa Ambiental de la Naciones Unidas (UNEP) [1] se producen mundialmente entre 20 a 50 millones de toneladas al año de residuos electrónicos (RE), que representan del 1% al 3% de la generación mundial de residuos sólidos urbanos. Tan sólo los residuos de computadoras, teléfonos celulares y televisores ascendieron a 5.5 millones de toneladas en 2010 y se estima que llegarán hasta 9.8 millones de toneladas en 2015 [2].

La generación anual de RE en México se estima entre 150 mil y 180 mil toneladas [3]. Las regiones y estados del país con mayor producción anual de residuos tecnológicos son: la Zona Metropolitana del Valle de México (94,203 ton), Tijuana-Ciudad Juárez (36,166 ton), Nuevo León (20,835 ton), Tamaulipas (15,749 ton) y Coahuila (12,665 ton). De acuerdo a datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) [4] se estima que la generación per cápita de residuos de equipos eléctricos y electrónicos (REEE) es de 3.5 kg/hab.

La problemática de los RE radica principalmente en la contaminación que producen por el tipo de sustancias que se emplean en su fabricación, debido a que contienen metales pesados como mercurio (Hg), plomo (Pb), cadmio (Cd), níquel



(Ni), selenio (Se), arsénico (Ar), cromo (Cr) y bromo (Br), así como plásticos con o sin retardante de flama. Los principales compuestos de estos retardadores de flama son: Bifenilos polibromados (PBB), Éteres bifenílicos polibromados (PBDE), tetrabromobisfenol A (TBBPA), trióxido de antimonio (Sb_2O_3), los cuales si no son tratados de manera adecuada, se convierten en un riesgo para la salud y el ambiente [5].

Los RE están especificados por la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) como de manejo especial de acuerdo al artículo 19 sección VIII y descritos como residuos tecnológicos provenientes de las industrias de la informática, de los fabricantes de productos electrónicos y de otros que al transcurrir su vida útil, por sus características, requieren de un manejo específico. Los residuos de manejo especial (RME) se definen en el artículo 5, como aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos [6].

De acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología, sólo se recicla uno de cada 10 kg de los RE, lo que representa el 40% de almacenamiento en casas habitación [7]. Los datos anteriores revelan que en México el reciclaje de productos es todavía una actividad poco practicada y esto está directamente relacionado con las actitudes y las normas sociales, lo cual resulta relevante para el desarrollo de programas de educación ambiental y concientización para incrementar esta actividad.

Conforme lo anterior, el objetivo de esta investigación fue determinar los equipos electrónicos presentes pero no útiles en las casas habitación (pasivos electrónicos) y conocer que motiva a una persona a almacenarlos, aún cuando éstos dejan de ser útiles o son obsoletos, para con ello acotar las posibles causas que limitan su adecuada disposición.

2. METODOLOGÍA

La Zona Metropolitana del Valle de Toluca se localiza en la parte central del Estado de México, es la segunda conurbación en importancia del Estado de México y la quinta a nivel nacional, está integrada por 22 municipios (Fig. 1) donde habitan 2'146,341 personas que representan el 14% de la población mexiquense [4], [8]. La zona bajo estudio presenta una gama de contraste, debido a la presencia de municipios rurales, semiurbanos y urbanos.

2.1 Instrumento para la recolección de datos

Se definió un instrumento de medición con el objetivo de cuantificar el total de personas que habita en un mismo domicilio, la cantidad y el tipo de equipo electrónico que tienen en los domicilios, cuales guardan y las razones que les motivan a no deshacerse de ellos aun cuando se descomponen o se vuelven obsoletos, así como el conocimiento que poseen sobre su manejo y disposición. El cuestionario se integró por 25 preguntas (abiertas y cerradas), organizadas en dos secciones: a) Consumo y disposición de equipos electrónicos y b) Conocimiento ambiental. Este fue aplicado a casas habitación del Valle de Toluca durante los primeros meses del presente año.

2.2. Selección del tamaño de la muestra

Tomando como referencia información del INEGI [4], la población de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca primero se fragmentó en tres grupos de acuerdo a la edad: Grupo A, de 0 a 14 años; Grupo B, de 15 a 64 años y Grupo C, de 65 y más años. Se seleccionó el grupo B y mediante la ecuación 1 se calculó el tamaño de la muestra a ser encuestado.

Dónde:

n = Tamaño de Muestra

(1)

N = Tamaño de la Población

z= Nivel de confianza (95% Z=1.96)

σ = Fracción de la desviación estándar $pq=(\sigma = 0.5)$

e = Límite aceptable de error muestral (0.05)

$$n = \frac{N}{1 + \frac{e^2(N-1)}{z^2pq}}$$

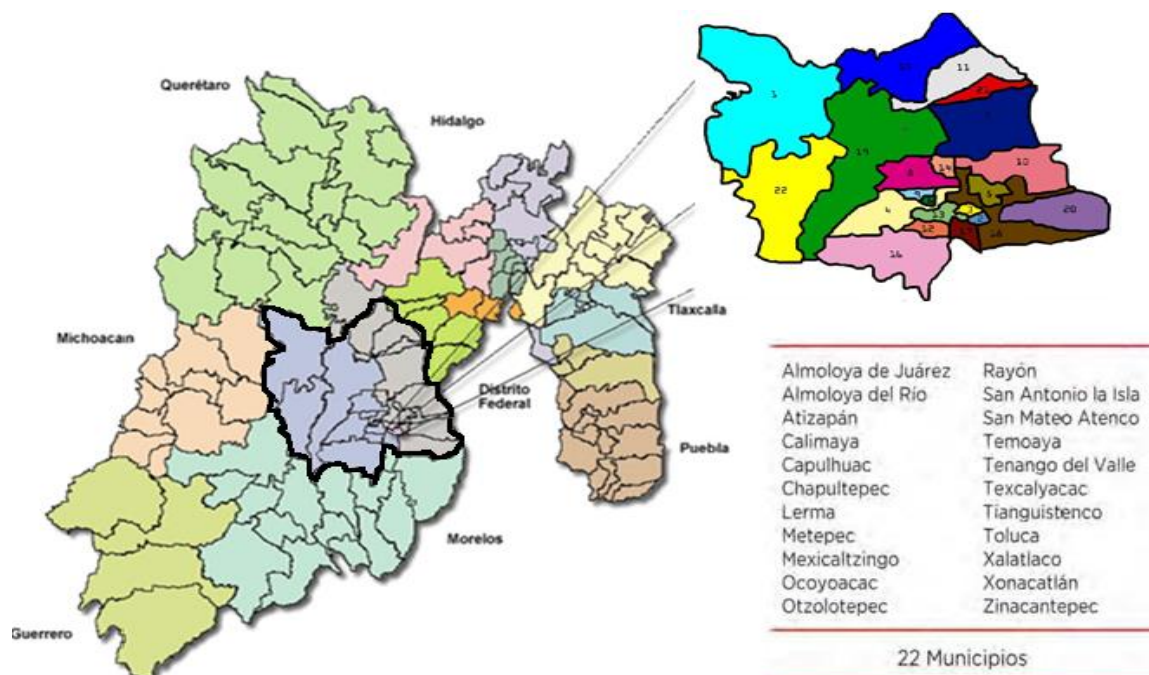


Figura 1. Municipios que conforman del Valle de Toluca

2.3. Análisis de datos.

Una vez aplicados los cuestionarios, la información se capturó y almacenó en una base de datos en Microsoft Access, para facilitar la exportación al Software Estadístico Statgraphics Plus. Mediante estadística descriptiva se determinaron las diferencias o similitudes entre cada una de las preguntas, así como las posibles relaciones, tendencias o patrones en el comportamiento de los datos [9].

3. RESULTADOS

La muestra se determinó tomando como universo una población de 1'392,776 habitantes entre el rango de edad de 15 a 64 años, con un nivel de confiabilidad de 95%. Empleando la ecuación 1 se estimó un tamaño de muestra igual a 1,420. De la pregunta cuantas personas habitan en un mismo domicilio, el 14% respondió que de 1 a 3 personas, el 27% contestó que cuatro, el 30% respondió que cinco personas, el 15% que seis y el 14% que más de 7 personas. Lo anterior coincide con la media nacional de cinco personas por casa [7].

Conforme a la información de las encuestas, en cuanto a la cantidad y tipos de equipos electrónicos en las casas habitación se delimitaron tres grupos. En términos generales existe un mayor consumo de equipos de Telecomunicaciones (48%), seguido por un 30% de equipos de entretenimiento y un 22% de equipos informáticos.

Entre los equipos de Telecomunicaciones (Fig. 2) los celulares son los de mayormente se tienen (48%), seguidos por la TV (27%) y las pantallas (13%); sin embargo es importante mencionar que el 7% de los encuestados no tiene celular, el 24% poseen solo un celular, mientras que el 17% tienen 3 ó 4 celulares y el 13% de las personas tienen con 5 celulares. Dentro de los equipos Informáticos (Fig. 3) se encontró con mayor frecuencia a las Laptops (23%), posteriormente a las cámaras de computadora (19%), seguidas tanto por las impresoras (17%) como por las computadoras de escritorio (17%). En cuanto a los equipos de Entrenamiento, los reproductores de CD-DVD presentaron el 29% de la muestra, seguidos por los Equipos de sonido (21%) y los Video juegos con 17% (Fig. 4).

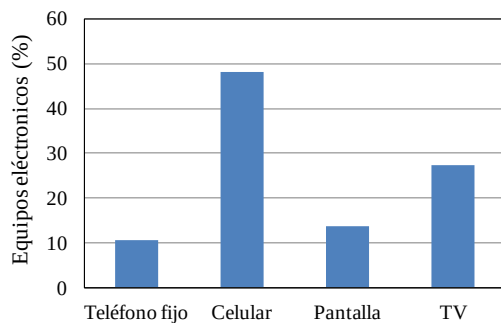


Figura 2. Equipos de Telecomunicaciones

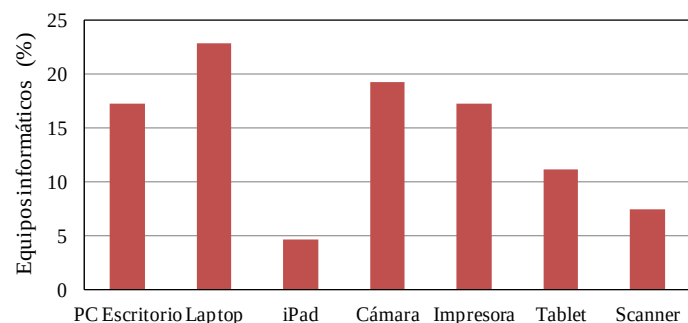


Figura 3. Equipos Informáticos

Cabe mencionar que todos las personas encuestadas guardan equipos electrónicos, bien sea en buen estado pero obsoletas como descompuestos, por lo que sus motivos por los que los almacenan pueden ser más de uno, por lo que al analizar los motivos por los cuales los almacenan, el 70% respondió que los guarda para mandarlos a reparar, el 56% por que no sabe qué hacer con ellos, el 21% para venderlos y 19% por razones afectivas. Entre los equipos que guardan con mayor frecuencia (Fig. 5) se encuentran los celulares (30%), televisores (17%), video juegos (12%) y equipos de sonido (11%). Estos resultados concuerdan prácticamente con los presentados por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SERMARNAT) [10], quien estimó que los principales RE producidos en México eran computadoras, celulares, grabadoras y televisores. En el estudio de [2] se reporta que en 2003 había cerca de 1,050 ton de celulares y 166,826 ton de TV vendidos, lo cual coincide con los equipos detectados mayormente en este trabajo, tanto adquiridos como guardados (Figuras 2 y 5).

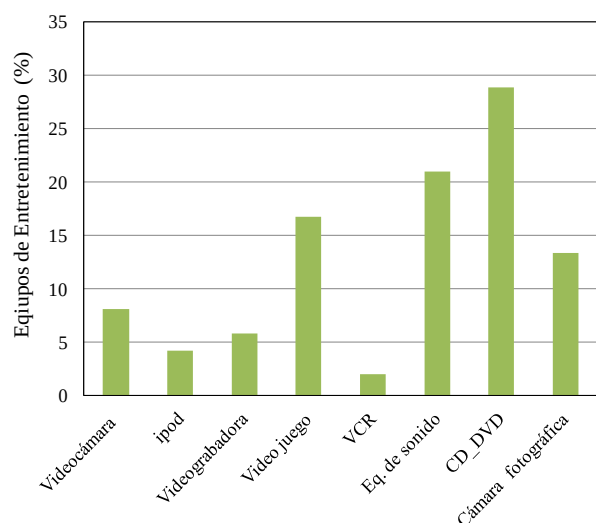


Figura 4. Equipos de entretenimiento

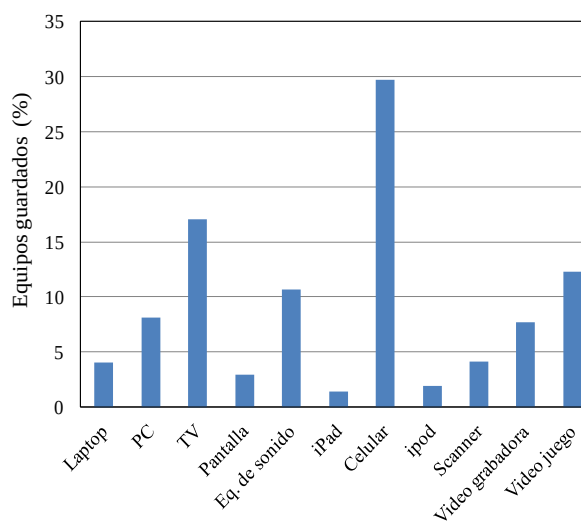


Figura 5. Equipos guardados

Otra de las preguntas a responder fue que tanto conocimiento tenían sobre los efectos causados a la salud y al medio ambiente por los equipos electrónicos; el 18% de los encuestados contestó que no creían que pudieran causar daños a la salud y el 82% consideró que sí. Al preguntarles si los equipos requerían un tratamiento especial el 48% respondió que No era necesario, mientras que el 52% consideró que Sí. Finalmente, el 78% de los encuestados respondió que no había asistido a ningún tipo de curso de educación ambiental, mientras que el 22% que respondió afirmativamente externó que lo han tomado por en la escuela a la que asisten o bien en su trabajo. En este punto muestra que para lograr la participación habitual y activa de los individuos, se requiere que el reciclaje se vea como una norma moral que los individuos con valores sociales adoptan, porque es parte de su responsabilidad para con su comunidad, lo que también ha sido reportado en la literatura [7] [10].

3. CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación exploratoria resultan de gran valía, no solo porque corroboran datos de trabajos previos, sino porque contribuyen con información que permite dar seguimiento al comportamiento que ha tenido la población del Valle de Toluca a lo largo del tiempo y amplía el conocimiento sobre la problemática ambiental.

A la fecha de la realización de este trabajo la adquisición de la Laptop supera a la PC de escritorio, el celular prácticamente quintuplica al teléfono fijo y los equipos reproductores de CD_DVD sobresalen al equipo de sonido y a la videograbadora, lo que corrobora la evolución vertiginosa de la tecnología, aunque todavía la TV supera por el doble a la Pantalla.

Son preocupantes los porcentajes de desconocimiento del riesgo de los RE y requerimientos de tratamiento, así como el que más de tres cuartas partes de los encuestados no han tomado un curso de educación ambiental es muestra de la deficiencia de cobertura educativa, pues se requiere de la voluntad y acciones políticas, económicas y sociales que propicien la inserción de la comunidad en la solución de los problemas ambientales.

AGRADECIMIENTOS

A las autoridades del Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) por los recursos proporcionados para esta investigación F-PROMEP-39/Rev-03, SEP-23-005.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] UNEP, 2006. Call for Global Action on E-waste, United Nations Environment Programme.
- [2] Instituto Nacional de Ecología, INE (2011). Elaboración de un documento integrado de la información generada de los proyectos nacionales y la experiencia en otros países en materia de residuos electrónicos. www.inecc.gob.mx/descargas/sqre/2011_proyectos_res_elec.pdf
- [3] SEMARNAT (2008) Informe de la situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Edición 2008. Dirección General de Estadística e Información Ambiental. (20/05/2013) http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_2008/index_informe_2008.html
- [4] INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2010) Censo General de Población y Vivienda 2010: Población Total con Estimación por Entidad y Municipio, Según Edad. (16/05/2014) www.inegi.gob.mx.
- [5] Román Miguel, G. (2010). Diagnóstico sobre la generación de residuos electrónicos en México. Instituto Politécnico Nacional. México, 2007, pp 122.
- [6] LGPGIR (2003). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Nueva Ley Publicada en el Diario Oficial de la Federación, el 8 de Octubre de 2003, Texto Vigente Última Reforma Publicada Dof 04/06/2014.
- [7] Instituto Nacional de Ecología, INE (2010) Diagnóstico de la Generación de Residuos Electrónicos en La Zona Metropolitana del Valle de México (31/07/2014). www.inecc.gob.mx/.../2010_inf_diag_gen_res_electronicos_zmvm.pdf
- [8] ProAire (2012). Programa para Mejorar la Calidad del Aire Valle de Toluca 2012-2017. Gobierno del Estado de México. Secretaría del Medio Ambiente Conjunto SEDAGRO. Primera Edición, Noviembre de 2012. Impreso y hecho en México. www.edomexico.gob.mx
- [9] Cruz Sotelo S.E, Ojeda Benitez S., Bovea M.D, Perez-Beliz V., Ureña-Valenzuela S. (2010). Comparación de las prácticas de manejo de los celulares al final de su vida útil entre México y España. 4º Encuentro de Expertos en Residuos Sólidos.
- [10] Arroyo-López P., (2012). Diseño de programas de reciclaje de e-waste considerando las motivaciones del participante: un estudio exploratorio en el Estado de México. *Psychology* 3, 1, 3-14.
- [11] SEMARNAT (2014). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.(30/07/2014). http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/educacionambiental/reporte_de_encuesta_2013_modif_vf.pdf

[Indice](#)



Actitudes, Comportamientos y Percepciones *Ad hoc* al Proambientalismo en el Manejo de los Residuos Sólidos en Sayulita, Nayarit

¹Sara Elizabeth Pérez Montes, ²Claudia Estela Saldaña Durán*, ²Jorge Armando Ojeda Sánchez

¹Estudiante de Posgrado Maestría en Ciencias para el Desarrollo, Sustentabilidad y Turismo, Universidad Autónoma de Nayarit. ²Cuerpo Académico de Sustentabilidad Energética de la Universidad Autónoma de Nayarit, Ciudad de la Cultura Amado Nervo S/N, C.P. 63155. Tel. (311) 124 96 94, Tepic, Nayarit, México. cesduran@uan.edu.mx

RESUMEN

El turismo forma parte importante de las actividades económicas de la localidad de Sayulita, Nayarit. Este espacio es visitado principalmente por el turismo extranjero, por el atractivo de sus olas para practicar el surf. De esta manera en los últimos años, es uno de los espacios más impactados por el crecimiento del fenómeno turístico. Por ello es necesario conocer las actitudes, comportamientos y percepciones ambientales en esta zona turística. La medición de estas variables explora el conocimiento, valores y actitudes hacia el reciclaje, cuidado del ambiente, consumo responsable. De esta manera, se diseñó una encuesta-escala tipo Likert que respondió a una expresión cultural propia del lugar en el manejo de los residuos sólidos. Con un tamaño de muestra de 300 habitantes de la localidad turística, los resultados permiten confirmar que más del 70 % de los encuestados reconocen valores, actitudes y conocimientos sobre el problema del manejo de los residuos sólidos. Lo que permite predecir conductas proambientales, y conductas relacionadas con el reciclado en el manejo de los residuos sólidos en una zona turística. Se concluye que estas directrices pueden potenciar la educación ambiental de acuerdo a las características propias de la comunidad como la actividad turística.

Palabras Clave: *Conocimiento, valores, medio ambiente, reciclaje.*

1. INTRODUCCIÓN

El Municipio de Bahía de Banderas, Nayarit tiene una extensión territorial de 773.3 km² que representan el 2.8% de la superficie del estado de Nayarit, cuenta con una población hasta el 2010 de 124,205 habitantes. El Municipio cuenta con un clima cálido subhúmedo. La temperatura media anual es de 23.1°C y puede llegar hasta los 27°C. El ecosistema cuenta con importantes recursos naturales debido a su ubicación, con un litoral de 68 km de longitud bañado por el Océano Pacífico, cuenta con playas y paisajes atractivos lo que da lugar al desarrollo de actividades turísticas en: Punta de Mita, Destiladeras, La Cruz de Huanacastle, Sayulita y San Francisco [1].

El turismo forma parte importante de las actividades económicas de este espacio y es visitado principalmente por el turismo extranjero, por el atractivo de sus olas para practicar el surf. De esta manera en los últimos años, es uno de los espacios más impactados por el crecimiento del fenómeno turístico. Este espacio ha sufrido transformaciones de manera progresiva debido a la actividad turística, cuyo impacto principal ha sido el deterioro ambiental por la falta de servicios municipales en el manejo inadecuado de los residuos sólidos. La implementación del turismo ha desencadenado una serie de problemáticas ambientales, mucho se debe a que en el proceso de planeación existen carencias, otra causa está relacionada con la falta de sensibilidad por parte de quienes lo promueven, ya que se requiere que estos asuman responsabilidades en el proceso [2]. Además los impactos ambientales generados por las actividades turísticas generan un vínculo indisoluble entre el ambiente y el turismo [3]. Fonseca [2] diserta, que el fenómeno se ha convertido en el modelo de desarrollo alternativo, en el cual existe una relación directa entre el desarrollo socioeconómico y el medio ambiente que se debe a la dependencia de uno con el otro. De esta relación subyace el desarrollo sustentable como estrategia innovadora e integradora que engloba al conjunto de procesos del desarrollo, debido a que tiene estrecha relación entre el hombre, la sociedad y la naturaleza [4]. Desde este planteamiento, Saldaña [5] comenta que el desarrollo turístico como producto de la intervención del hombre sobre el ambiente, es el resultado de la



relación turismo-ambiente y tiene como consecuencia efectos tan complejos en la naturaleza, como la generación de residuos.

En las últimas décadas los investigadores de varias disciplinas han tratado de comprender los factores determinantes de las acciones del hombre hacia el ambiente, cómo estas acciones varían a través del tiempo y de las personas, y cómo afectan su comportamiento y relación con el entorno natural. Por esta razón en esta investigación se estudia las actitudes, comportamientos y percepciones en el manejo de los residuos sólidos (RS) de los habitantes de la localidad de Sayulita, Nayarit, y se postula que estas variables podrían ser determinantes en la acción social para la toma de decisiones en la gestión integral de los residuos sólidos.

1.1 Reflexiones teóricas

En las últimas décadas se ha manifestado una serie de problemas ambientales que han llevado poco a poco al agotamiento de los recursos naturales. Su conservación y el control de la contaminación requiere cambios en las acciones de las sociedades modernas, reflexionar en las actitudes, comportamientos y percepciones que se traduzcan en acciones que requieran conocer y sentir lo que hacemos y le debemos a nuestro entorno natural. Lo que con lleva a reflexionar sobre las teorías cuya filosofía ha sido el cuestionar el avance de la modernización y las acciones del hombre sobre la naturaleza.

Las acciones del hombre sobre el ambiente es un tema amplio de discutir, por ello es preciso delimitar el estudio a partir de tres variables, actitudes, comportamientos y percepciones. Weber [6] define la "acción social" como la conducta de los sujetos con un sentido verdadero en un momento dado. Así, las acciones pro-ambientales es el conjunto de acciones encaminadas a la protección de los recursos naturales que se traducen en realizar actos altruistas, además de luchar en contra del consumismo y del deterioro ambiental [7].

En la década de los setenta, el Nuevo Paradigma Ambiental (NEP) postula una nueva visión del mundo y confronta al paradigma social dominante en contra de la ecología, el que sostenía que la actividad humana era condicionante sobre el recurso natural. Por otra parte, la NEP suponía ideas relacionadas con lo inevitable de los límites del crecimiento, la importancia de la conservación del equilibrio natural, la necesidad de desarrollar una economía sostenible y revisar la actitud antropocéntrica o egocéntrica [8]. De esta manera la NEP de Dunlap y Van Liere, asume que la naturaleza existe para beneficio de la humanidad, y que los seres humanos están incorporados en una red de relaciones ecológicas que se mueven en una diversidad biológica.

Junto al planteamiento de las propuestas en las cuestiones ambientales, la teoría de la Modernización Ecológica (ME) emerge en la década de los ochenta desde la teoría de la ciencia política y la sociología y es considerada como una perspectiva en el medio ambiente. El discurso reconoce el carácter estructural de la problemática ambiental, asume las existencia de las instituciones política, económica, y social las que deben interiorizar el cuidado al medio ambiente. La ME plasma una visión real de los problemas ambientales generados por una sociedad industrial y desde este orden, su interés radica en la reorganización de la sociedad, no en el estudio del medio ambiente, o en aprender de la naturaleza.

Comenta Janicke [9], que aun la economía, y el mercado siguen alterando el ambiente creando conflictos precisamente por los intereses que se manejan. De esta manera las políticas para el desarrollo sostenible no pueden tener éxito si no se incluyen cambios estructurales, mover voluntades y pensar en la capacidad de ganar. En general, un problema ambiental resulta políticamente menos difícil de resolver si existe una solución comercial.

2. METODOLOGÍA

Se llevo a cabo en la investigación un estudio descriptivo transversal, se realizó en temporada alta correspondiente a la semana santa del 2014. Se utilizó el cuestionario elaborado en base a escalas validadas tipo Likert con la que se exploraron las variables: actitudes, comportamientos y percepciones que se desarrollan en el ámbito del manejo de los residuos sólidos, empleando de 7 a 8 ítems respectivamente (Tabla 1). Los encuestados fueron abordados desde los

sectores de: comerciantes, turistas, y habitantes del lugar. Se utilizó el Software Origin versión 12.0 para el análisis de los datos. La selección de la muestra fue de 265, se basó en un tamaño de población de 2318 en la localidad de Sayulita, Nayarit [1], y representó un nivel de confianza del 85% y con un margen de error muestral del 15%.

Tabla 1. Definición de conceptos, categorías y variables para el estudio.

Conceptos	Categorías	Variables
Hombre-Naturaleza	Acción social	Actitudes
		Comportamientos
		Percepciones

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la variable de actitudes ambientales en el manejo de los residuos sólidos, muestra que más del 50% de los encuestados estuvieron totalmente de acuerdo con la disposición de tomar acciones vinculadas hacia el cuidado del ambiente. Las actitudes más frecuentes son: debería ser un medio la educación ambiental para la conservación de las áreas naturales (95%) y, separar la basura en residuos orgánicos e inorgánicos ayudaría a la conservación del ambiente (96%) (figura 1). Estas actitudes coinciden con una actitud positiva ya que su predisposición puede influir directamente en una conducta proambiental dentro de su comunidad [11]. En sentido contrario el 50% población manifestó estar totalmente de acuerdo en: participaría en programas de separación de residuos y apoyaría a la comunidad en la limpieza de las calles. Lo anterior denota menos compromiso en la ejecución de estas acciones.



Figura 1. Medición de la escala de actitud en el manejo de los RS en la localidad de Sayulita, Nayarit.

La variable de comportamiento ambiental en el manejo de los residuos sólidos, muestra la manera de comportarse y destaca que el 60% de los encuestados estuvieron totalmente de acuerdo con un proceder en el cuidado del ambiente, pero el 30% muestra desacuerdo con el consumo y acciones que impactan al ambiente (figura 2). Esto puede tener a futuro respuesta sobre los valores materiales y el ambiente [10]; [12].

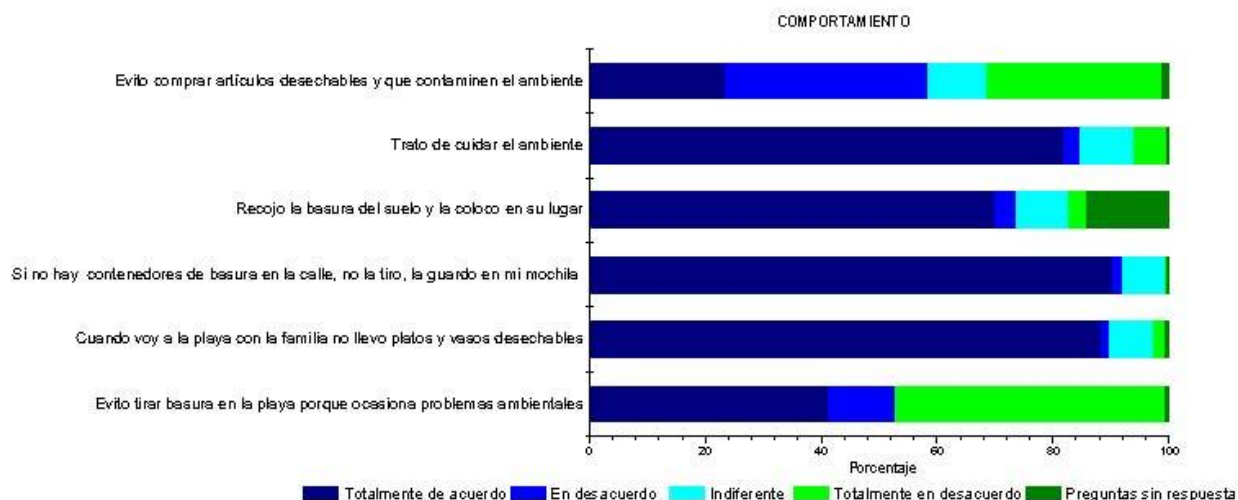


Figura 2. Medición de la escala de comportamiento en el manejo de los RS en la localidad de Sayulita, Nayarit.

La variable de percepción ambiental en el manejo de los residuos sólidos, muestra una variabilidad en la sensación de los sentidos de los encuestados sobre la impresión de la naturaleza. El 10% de los encuestados estuvieron totalmente de acuerdo sobre la percepción del turismo nacional conserva y cuida las áreas naturales, en cambio el 70% está totalmente de acuerdo en que el turismo extranjero es respetuoso del ambiente (figura 3).

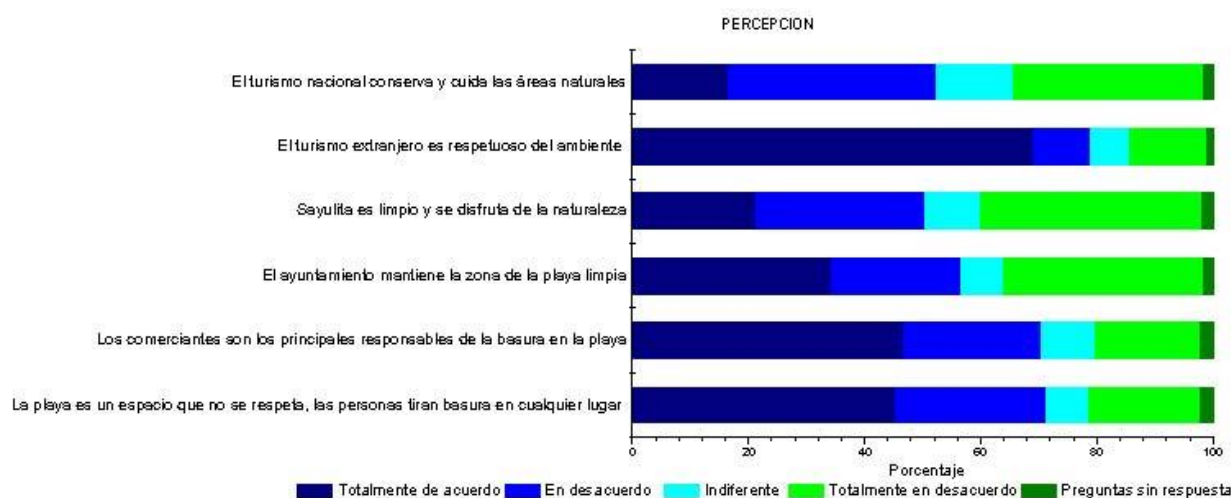


Figura 3. Medición de la escala de percepción en el manejo de los RS en la localidad de Sayulita, Nayarit.

Las actitudes, el comportamiento y las percepciones hacia el ambiente predicen la conducta ambiental, estas variables muestran aprendizajes y experiencias vividas y precisan características de la conducta hacia el ambiente como un fenómeno social y cultural [8], propio de la comunidad. De esta manera se puede determinar cómo avanzar hacia la consolidación de una cultura favorable con el medio ambiente y, por ende, progresar en la búsqueda de la sostenibilidad.



4. CONCLUSIONES

En este trabajo se han comparado dos importantes teorías que emergen en las décadas de los ochenta, se determina el potencial que puede tener esta combinación en la propuesta de una normativa para la gestión integral de los residuos sólidos. Por otro lado, la aplicación del cuestionario orientado hacia la medición de las variables actitudes, comportamientos y percepciones ambientales son determinantes y pueden contribuir de forma significativa a la mejora del comportamiento ambiental en una comunidad donde la industria del turismo está creciendo a pasos agigantados. Tomar estas ideas y llevarlas a la práctica, requiere examinar el alcance de la gestión integral de los residuos sólidos en el ámbito del turismo. El desarrollo de la reducción de los residuos requiere políticas en la industria del turismo. Aunque las regulaciones públicas indican que las autoridades son conscientes de la necesidad de abordar las cuestiones sociales en los impactos ambientales, el análisis de estas variables muestra la necesidad de internalizarlas en la comunidad. Lo que permite predecir conductas pro ambientales, y conductas relacionadas con el reciclado en el manejo de los residuos sólidos en una zona turística del estado de Nayarit. Se concluye que estas directrices pueden potenciar la educación ambiental de acuerdo a las características propias de una comunidad dedicada a la actividad turística.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). II Censo de Población y Vivienda 2010.
- [2] Fonseca, M. A., De la Rosa, M. (2010). Treinta años configurando el espacio turístico en Nayarit. *Revista de Economía, Sociedad, Turismo y Medio Ambiente-RESTMA*, (11), pp. 159-191.
- [3] Márquez González, A. R., & Sánchez Crispín, A. (2007). Turismo y ambiente: la percepción de los turistas nacionales en Bahía de Banderas, Nayarit, México. *Investigaciones geográficas*, (64), pp. 134-152.
- [4] Flores González, S. *Importancia y Perspectivas del Desarrollo Sustentable en México*. 1º Edición. 1996. UAT-CUDSE. México. 120
- [5] Saldaña Durán, C. E. *Amor y Odio: efectos ambientales, económicos y sociales del turismo*. 1º Edición. 2014. Palibrio. Estados Unidos de América. 120.
- [6] Weber, M. *Economía y Sociedad-Esbozo de sociología comprensiva*. Segunda Edición en Español. 1944. Fondo de Cultura Económica. México. 108.
- [7] Tapia-Fonllem, C., Corral-Verdugo, V., Fraijo-Sing, B., Durón-Ramos, M. F. (2013). "Assessing Sustainable Behavior and its Correlates: A Measure of Pro-Ecological, Frugal, Altruistic and Equitable Actions". *Sustainability*, (5), pp. 711-723.
- [8] Dunlap, R. E., & Van Liere, K. D. (1978). "The New Environmental Paradigm: A proposed measuring instrument and preliminary results". *The Journal of Environmental Education*, Vol. 9(4). pp. 10-19.
- [9] Janicke, M. (2008). "Ecological modernisation: new perspectives". *Journal of Cleaner Production*, (16), pp. 557-565.
- [10] Stern, P. C., & Dietz, T. (1994). "The value basis of environmental concern". *Journal of Social Issues*, 50, pp. 65-84.
- [11] Jennifer, C. Price, J. C., Leviston, Z. (2014). Predicting pro-environmental agricultural practices: The social, psychological and contextual influences on land management. *Journal of Rural Studies*, 34, pp. 65-78.
- [12] Hurst, M., Dittmar, H., Bond, R., Kasser, T. (2013). "The relationship between materialistic values and environmental attitudes and behaviors: A meta-analysis". *Journal of Environmental Psychology*, 36, pp. 257-269.

[Índice](#)



Actitud Ambiental en Estudiantes que asistieron al Curso de Nivelación Académica en el Instituto Tecnológico de Tepic, Nayarit, México.

¹Rosales Flores M. ^{1,2}Ruiz Bernés S. ³Toriz Alcaraz R.

¹Instituto de Estudios Tecnológicos y Superiores "Matatipac" A.C., Coordinación de postgrado, Bugambillas No. 124, Col. Jardines del Valle, C.P. 63035, Tepic, Nayarit, México. E-mail: rosales_man@hotmail.com

²Universidad Autónoma de Nayarit, Unidad Académica de Medicina Humana,

Cd. de la Cultura "Amado Nervo", C.P. 63155, Tepic, Nayarit. E-mail: salvador@uan.edu.mx

³ Instituto de Estudios Tecnológicos y Superiores "Matatipac" A.C., Coordinación de postgrado, Bugambillas No. 124, Col. Jardines del Valle, C.P. 63035, Tepic, Nayarit, México. E-mail: htoriza@gmail.com

RESUMEN

El estudio consistió en evaluar la actitud ambiental en estudiantes que realizan por primera vez el curso de nivelación académica para ingresar al Instituto Tecnológico de Tepic (ITT), utilizando un cuestionario diseñado con escalamiento tipo Likert. La investigación se realizó bajo el enfoque cuantitativo, no experimental transversal descriptivo; se mostraron claramente diferencias y similitudes de las opiniones referente a la actitud ambiental en los 302 estudiantes participantes: 179 hombres y 123 mujeres entre 17 y 25 años de edad. Al iniciar el curso se aplicó un cuestionario de 15 ítems con cinco categorías de respuesta. Los resultados se analizaron en función del género y de manera general. Los resultados indicaron que los estudiantes de género masculino tienen un nivel de cultura regular, al tener una media de actitud ambiental de 72.89 ± 10.49 [49.33-98.66], en tanto que las mujeres indicaron tener más actitud ambiental al presentar una media de 77.83 ± 10.52 [45.33-97.32].

Palabras clave: *Actitud ambiental, Comportamiento, Educación ambiental, Educación superior, Medio ambiente.*

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, con más de 7 mil millones de habitantes en el planeta se reflejan los principales problemas ambientales y de salud los que se caracterizan por el calentamiento global, la sobrepoblación humana, los cambios climáticos, la erosión y la desertificación de los suelos, la escasez de alimentos, agua y la contaminación ambiental. En las que en cierta medida se ve involucrada la falta de entrega de educación y así tener la oportunidad de crear mayor conciencia ambiental en las personas.

En pocas palabras la preocupación en pro del medio ambiente no es directamente proporcional a los hechos que se realizan en su favor, basta con mirar a nuestro alrededor para dar cuenta de este efecto. La sociedad actual comienza a darse cuenta de la necesidad de detener o revertir la destrucción de los ecosistemas, ya que éstos están llegando, o ya rebasaron, su capacidad máxima de autolimpieza y regeneración entre otros factores, dando lugar a que los estudiantes tengan menor contacto con la naturaleza y así una relación armónica entre el



ambiente y las actividades cotidianas [1]. Dicho anteriormente, son factores que determinan poco interés con el medio ambiente y en el actuar negativamente en relación al cuidado de los recursos naturales.

Zamorano [2] expresa que los problemas ambientales (contaminación, generación de basura, alto consumo de energía e insuficiente agua potable), producen mayor impacto, pues la mayoría de las veces no aparecen como situaciones independientes, sino que constituyen problemas que se relacionan entre sí: individuales, sociales y gubernamentales. Por lo tanto, nos enfrentamos a una crisis ambiental y con una gravedad que se manifiesta a nivel global. Es necesario emplear instrumentos que permitan identificar el nivel de pensamiento individual y grupal, con el objetivo de lograr que instituciones y gobiernos promuevan políticas adecuadas a favor del medio ambiente. González [3] señala que el primer paso para contrarrestar esta problemática, es planear adecuadamente programas de formación integral sustentables.

La Educación Ambiental es definida por diferentes autores como “una estrategia global para el mejoramiento de la calidad de vida y el ambiente” [4]. En México, al ser un país en vías de desarrollo, sumergido en un paradigma tecnológico y, en parte, forzado por la competencia a nivel mundial de buscar una economía sólida a través de la expansión de la industrialización y sobre una política inadecuada de explotación de los recursos naturales, en la que la expansión de las actividades agrícolas, ganaderas, forestales y pesqueras, han creado desequilibrios y daños ecológicos.

Es así como a través de la educación ambiental se busca generar seres humanos comprometidos, con ética ambiental y comprensión hacia la tutela de los recursos naturales, y sin duda, quienes logran los mayores resultados positivos en este rubro serán los jóvenes estudiantes de nivel superior, dado que son ellos quienes tienen un mayor desarrollo cognitivo lógico y racional, para adecuar las estrategias futuras de conservación del medio ambiente y evitar la proliferación de los residuos sólidos en primer término.

La educación, y en particular la educación ambiental, vienen a ser herramientas fundamentales en la generación de una cultura respetuosa del medio ambiente. Las Instituciones de Educación Superior (IES) no pueden, ni deben, permanecer ajenas a la solución de la problemática ambiental, a través de sus funciones principales de docencia, investigación, extensión y vinculación.

Es necesario partir de un diagnóstico de los conocimientos sobre el medio ambiente de su población, así como de las condiciones particulares que han influenciado su desarrollo para planear adecuadamente estrategias [5]. Una de las escuelas claves para llevar a cabo el diagnóstico sobre el nivel de la educación ambiental fue en estudiantes de nuevo ingreso al ITT, porque es un segmento de la población que se encuentra en una etapa importante para desarrollo de actitudes y valores al medio ambiente. La finalidad es aportar al estudiante conocimientos que les permitan analizar y comprender la relación de la biodiversidad con el entorno, y la relación de la ecología con otras disciplinas y el medio ambiente.

Actualmente se imparten asignaturas como: Arquitectura, Sistemas computacionales, Gestión empresarial, Información, Bioquímica, Civil, Eléctrica, Industrial, Mecatrónica, Química y Administración. Es necesario diseñar una estrategia didáctica, dentro y fuera del aula, que fomente valores y desarrolle habilidades para el desarrollo de acciones conservacionistas y ambientales. Zamorano [2] describe que para esto es indispensable la implementación en todas las instituciones educativas y niveles la educación ambiental y por otro lado, observarse como principio la incumbencia para los distintos sectores y grupos sociales.



2. METODOLOGÍA

La investigación tuvo por objetivo establecer la actitud ambiental en estudiantes del curso de nivelación académica del ITT en Nayarit, México. Durante los días 23 al 27 de Julio del 2012. El estudio es de enfoque cuantitativo, no experimental, transversal descriptivo; se trabajó con un grupo de 302 estudiantes: 179 hombres y 123 mujeres, entre 17 y 25 años de edad, quienes cursaron el programa de nivelación académica para estudiar en las diferentes carreras (Arquitectura, Sistemas computacionales, Gestión empresarial, Información, Bioquímica, Civil, Eléctrica, Industrial, Mecatrónica, Química y Administración) para obtener un lugar definitivo dentro de esta institución y por lo que no se requirió la determinación de la muestra, debido a que, de manera conveniente e intencional, se realizó el censo.

2.1 Instrumento

Para esta investigación se ha construido un instrumento de medición con el objetivo de valorar las actitudes de los estudiantes hacia el medio ambiente. El instrumento fue integrado con 15 ítems mediante escalamiento tipo Likert, con cinco categorías de respuestas.

2.2 Análisis de datos.

El análisis de los datos se realizó a través del Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales versión 16.00 (SPSS por sus siglas en inglés) presentando los resultados a través de estadística descriptiva para medir claramente las diferencias o similitudes de las preguntas relacionadas con el medio ambiente.

3. RESULTADOS Y LA DISCUSIÓN

En la figura 1 los resultados indicaron que los estudiantes de género masculino que realizaron el curso para ingresar por primera vez al ITT obtuvieron una media de actitud ambiental de 72.89 ± 10.49 [49.33-98.66], esto debido a que hubo estudiantes que indicaron tener nulo interés en realizar uno o más acciones en pro del ambiente, generando un intervalo mínimo y máximo entre 49.33 a 98.66. Respecto al género femenino, el resultado indica que tiene mayor interés sobre el medio ambiente, por lo tanto con base a la media se tuvo una actitud ambiental más alta que los hombres el 77.83 ± 10.52 [45.33-97.32].

Para conocer lo referente al promedio general, en la figura 1, se puede observar una media de actitud ambiental de 74.90 ± 10.76 [45.33-98.66], demostrando que los estudiantes del ITT tienen la capacidad de percepción ambiental, porque identifican la problemática ambiental actual. Además, se observa un claro entendimiento de los daños que ocasionan la contaminación en general, tanto en su localidad como en el mundo.

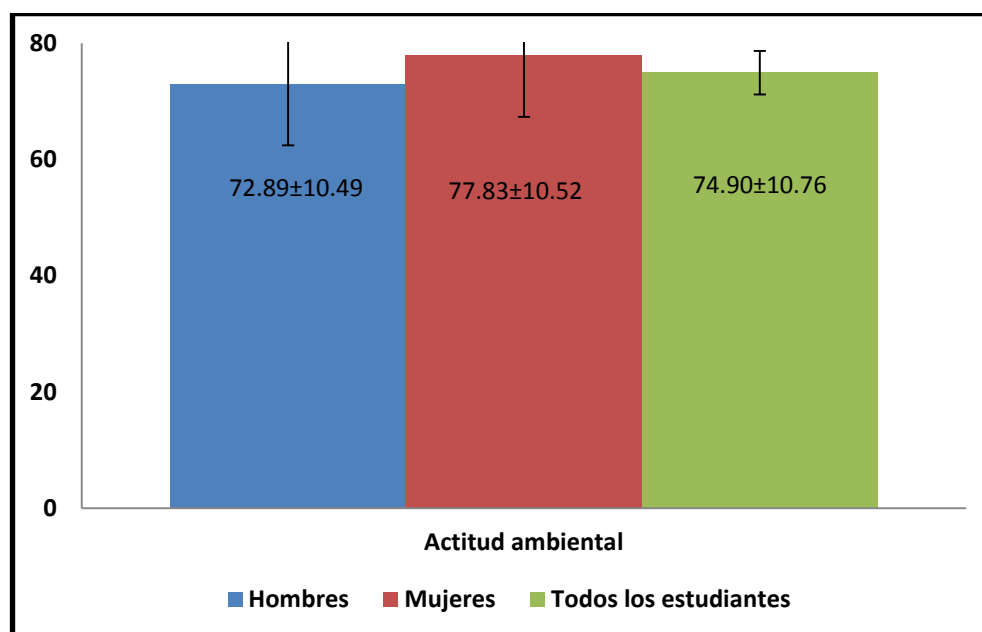


Figura 1. Actitud ambiental en estudiantes y por género masculino y femenino.

De acuerdo con lo obtenido en el estudio respecto a la actitud ambiental, se observa que los aspirantes a ingresar en el ITT, tienen la capacidad de percepción ambiental, porque identifican la problemática en ese rubro, sin embargo, poseen un nivel de cultura ambiental regular, esto debido a que hubo estudiantes que indicaron tener nulo interés en realizar uno o más acciones en pro del ambiente.

Por ello, la importancia de estudiar y medir la variable actitud ambiental en el aspirante de nuevo ingreso de nivel superior, pues somos producto del aprendizaje familiar y cultural imperante en el país, es decir, el resultado de éste trabajo contribuirá con elementos para posteriormente desarrollar metodologías hacia una propuesta de prevención y solución a la contaminación del medio ambiente.

La mayoría de los estudios de investigación educativa sobre las actitudes ambientales se han enfocado desde la perspectiva exploratoria, sin evaluar alternativas a favor al medio ambiente para mejorar, desarrollar y potenciar conductas ecológicamente adecuadas. Onaindia et al, [6], consideran que los centros de enseñanza de nivel superior debe ser una parte importante donde se generen conocimientos, actitudes y valores necesarios para crear un futuro mejor y encaminar hacia un desarrollo sostenible.

La educación ambiental ha sido definida como “el proceso de adquisición de valores y clarificación de conceptos cuyo objetivo es desarrollar actitudes y capacidades necesarias para entender y apreciar las interrelaciones entre el hombre, su cultura y su entorno biofísico”.

Es importante que se continúe con la promoción de la educación ambiental, sobre todo en los centros educativos de nivel superior el cual es un proceso para que los estudiantes generen una sensibilización hacia la necesidad de cuidar el medio ambiente. No obstante, la educación ambiental debe también modificar actitudes y proporcionar nuevos conocimientos y criterios más allá de los conceptos puramente ecológicos Villegas [7].

Quienes han afirmado acerca del efecto favorable que promueven las charlas y el desarrollo de temas con los universitarios, en el sentido que ellos tomen el papel más importante para mejorar conocimiento del medio



ambiente, de adquirir habilidades apropiadas para utilizar este conocimiento y de iniciar acciones tendientes a un uso sensato del medio ambiente sin perturbar el equilibrio ecológico Espejel [8].

En el trabajo realizado surge una variable novedosa, la preponderancia del género femenino sobre el masculino acerca de cuidado del medio ambiente, lo cual pone en la mesa, futuras investigaciones con perspectiva de género, lo que sin duda alguna acrecentaría y enriquecería las investigaciones acerca del cuidado a la ecología. Alguno investigadores han encontrado que el género tiene que ver con el nivel de actitud ambiental, por ejemplo, Oliver [9] refiere en su estudio que las mujeres perciben un mayor grado de preocupación relacionados con los problemas ambientales y puede apreciar que están dispuestas a realizar acciones proambientales mostrando un índice ligeramente superior a las actuaciones respetuosas con el ambiente. Zamorano *et al.*, [10], expresan que el nivel de preocupación por el medio ambiente es mayor en los varones que en las mujeres. En este estudio hemos encontrado que el nivel de actitud ambiental para las mujeres es ligeramente superior que el hombre similar a los de Oliver [9].

Por ello, la importancia de estudiar y medir la variable actitud ambiental en nuestra sociedad, dado que somos producto del aprendizaje familiar y cultural imperante en el país, es decir, el resultado de éste trabajo contribuye a bases metodológicas para una propuesta de prevención y solución a la contaminación del medio ambiente.

4. CONCLUSIONES

Es necesario mencionar que considerando los resultados del estudio se requiere mejorar el conocimiento ambiental que tienen los estudiantes, proporcionando una formación que incluya aspectos de la situación actual, a nivel local, regional y global. Al analizar los resultados por género en esta investigación se observa que los estudiantes están conscientes de la situación actual del ambiente, entendiéndose que son producto de los cambios tan drásticos e inconscientes que el ser humano está realizando sin considerar la sustentabilidad. Se precisa además de un menor interés de los hombres en relación a las actitudes ambientales porque tuvieron un valor promedio menor que el grupo de las mujeres y quienes muestran tener mayor interés sobre el medio ambiente. De esta manera podemos mencionar que los estudiantes fueron factores de una más elección proambientales en particular.

No cabe duda que la escuela puede desencadenar un cambio de actitudes en los sujetos para favorecer en su crecimiento moral, por ello, debemos transmitir valores y comportamientos a través de una educación ambiental positiva, que incluya acciones como las siguientes:

- Realizar un estudio con el propósito de medir, ya no solamente las actitudes, pues aunque sabemos que éstas son una guía para el comportamiento, no son garantía de ello, sino las acciones o conductas específicas en las que están involucrados los estudiantes a favor del medio ambiente.
- Fomentar acciones para el cuidado del medio ambiente y recursos naturales, por lo que es necesario diseñar una estrategia didáctica, dentro y fuera del aula, que fomente valores y desarrolle habilidades para el desarrollo de acciones conservacionistas y ambientales.
- Realizar audiencias públicas sobre ecología y actitudes ambientales.
- Desarrollar e implementar proyectos ambientales escolares en los que expliquen los factores naturales, sociales y sus relaciones.
- Enfocar la temática ambiental al compromiso individual para el logro de un objetivo en común.



- Trabajar en conjunto con las instituciones de educación, dependencias gubernamentales y con organizaciones civiles para mejorar el medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] González-Cortés N. (2012). El huerto ecológico y el sistema 10R: un recurso didáctico para fomentar educación ambiental en la escuela. *Revista Diálogos* 39(1) pp. 14-18.
- [2] Zamorano, González, B., Peña Cárdenas Fabiola, Parra Sierra V., Vargas Martínez J. I. y Castillo Muraira Y. (2012). Conocimiento, percepción y actitud ambiental en estudiantes de secundaria. *Revista de [3] González, Cortés N. (2011) Desarrollo de la inteligencia naturalista con el huerto escolar ecológico. En Memoria del VIII Congreso Internacional de Educación Ambiental en La Habana, Cuba. pp. 480-502. Didáctica Ambiental* n° 11. Junio 2012. pp. 28-35.
- [4] Chacon, Rosa María, Montbrun, Nila y Rastelli, Victoria. (2009); *La educación para la sostenibilidad: Rol de las universidades*. Argos. (Online). Jun. 2009, vol.26, no.50, pp..50-74. ISSN 0254-1637.
- [5] Sosa S. B., Márquez R. I., Eastmond A, Ayala M. E. y Arteaga M.A. (2010) *Educación superior y cultura ambiental en el sureste de México*. Universidad y Ciencia. 26(1) pp.1-18.
- [6] Onaindia, M., y Ibabe, A. (2008). Relación entre conocimiento y actitudes hacia la sostenibilidad de estudiantes universitarios. *Cátedra UNESCO de Desarrollo Sostenible y Educación Ambiental*. (págs. 97-114). País Vasco: Universidad del País Vasco.
- [7] Villegas, G., y López, M. A. (2006). ¿Es posible el desarrollo sostenible? Acercamientos Conceptuales a la relación ambiente desarrollo y Economía. *Luna Azul*, pp.1-9.
- [8] Espejel, A., y Castillo, M. I. (2008). Educación Ambiental para el nivel medio superior: propuesta y evaluación. *Revista Iberoamericana de Educación*, 46(2), pp.1-11.
- [9] Oliver Trobat, Miguel; Castells Valdivieso, Margalida; Casero Martínez, Antonio y Morey López, Merce. (2005). *Actitud y percepción del medio ambiente en la juventud española*. España: Ministerio de Medio Ambiente.
- [10] Zamorano, González, B., Parra Sierra, V., Peña Cárdenas, F., Castillo Muraira, Y., y Vargas Martínez, J. I. (2009). Percepción ambiental en estudiantes de secundaria. *Revista Electrónica "Actualidades Investigativas en Educación"*. 9 (3) pp.1-18.

[Índice](#)



Campaña de Educación de Residuos Sólidos en una Institución de Educación Superior.

¹Hugo A. Saldaña Jacobo, ¹José R. Saldaña Robledo, ¹Ernesto Velázquez Serna, ¹Sanny Castro, ²Dora A. Hernández Martínez, ²José Guadalupe Melero Oláquez

¹Estudiantes del Instituto Tecnológico de Mexicali. Av. Tecnológico s/n, Col. Elías Calles, CP 21376, Mexicali, Baja California, México. Tel: (686) 5804949. a12490851@itmexicali.edu.mx, ²Profesores Instituto Tecnológico de Mexicali.

RESUMEN:

La necesidad de mantener una institución de educación limpia es de alta prioridad, puesto que constituye el ambiente de trabajo, estudio e interacción tanto de personal docente, administrativo y de servicios como por el alumnado en general. El carecer de una adecuada limpieza e higiene en las instalaciones, es uno de los factores que va deteriorando la relación de los miembros; entre ellos mismos, con los demás y con la naturaleza. Durante las dos primeras semanas del semestre 2014-1 se llevó a cabo un trabajo de comunicación y de concientización en una IES (Institución de Educación Superior) para reforzar el conocimiento y existencia de las Islas Ecológicas que la institución instaló en diversos puntos estratégicos. Dichas islas ecológicas constan de 4 contenedores de distintos colores con el propósito de separar los residuos in situ. Los comentarios que realizaron los miembros de la institución acerca de esta campaña fue que la mayoría de ellos está de acuerdo con su instalación; tienen conocimiento de como se separan los residuos, pero, por diversas razones, no lo llevan a cabo, comentarios tales como: “no tiene caso hacerlo si los demás no lo hacen”, “lo que yo haga no afecta mucho”, entre otras, fueron las respuestas comunes. Se concluyó que para funcionar mejor, se requieren algunas modificaciones, tal como: más información grafica y escrita en el contenedor, constantemente informar a los miembros de la IES sobre su uso, colocar bolsas transparentes en los depósitos, aumentar la cantidad de islas, promover la separación por medio de juegos, entre otros.

Palabras Clave: *Separación residuos, Contenedor colores, Resultados, Conciencia ambiental.*

1. INTRODUCCIÓN

Una institución educativa constituye un sitio en cual se realiza el trabajo, estudio e interacción de personal y alumnado por igual, actividades cuya dificultad aumenta significativamente conforme el ambiente se deteriora, por ejemplo, por carecer de la limpieza e higiene esperadas y requeridas por quienes la conforman [1]. Por esta razón, es indispensable que todo proyecto cuyo objetivo sea la mejora en la calidad de las condiciones de trabajo del instituto reciba un seguimiento periódico a fin de permitir su mejora constante. Con estas consideraciones se elaboró un proyecto de concientización, para promover y reforzar el conocimiento entre todos los miembros de la Institución, referente al sistema de “islas ecológicas” utilizado dentro de la IES, así como recopilar información de las fortalezas y áreas de oportunidad de este sistema en la opinión de los entrevistados [2].

El sistema de islas ecológicas empleado por el Instituto Tecnológico de Mexicali consiste de sitios preestablecidos que cuentan con cuatro contenedores de distintos colores: azul (plásticos), amarillo (reciclables, papel, aluminio y vidrio), verde (orgánicos) y negro (mezclado, no reciclable) con el propósito de separar la basura generada en el plantel al tiempo que se almacena. Cada isla debe contar con un letrero rectangular sobre los contenedores explicando al público su funcionamiento.

2. DESARROLLO

Durante la primera semana de febrero de 2014, con el apoyo de 19 equipos de entre 3 y 6 integrantes se llevó a cabo una campaña denominada: *Educación de Residuos Sólidos*. Estos equipos fueron asignados a las 10 islas ecológicas existentes en la institución, se participó en dos turnos: de 14 a 15 hrs y de 17:00 a 18:00 hrs. La campaña constó de dos partes: 1) Estimar el nivel de interés y conocimiento de los miembros de la Institución, y, 2) Recabar una lista de sugerencias para mejorar.

2.1 Estimar el nivel de interés y conocimiento de cada miembro de la IES

Cada equipo, por una hora diaria, durante la semana, se distribuyó en cada una de las islas ecológicas, para establecer contacto con los miembros de la IES para hacerles las siguientes preguntas:

- ¿Conocen el objetivo de la instalación de las islas ecológicas?
- ¿Tienen por costumbre separar la basura?
- ¿Qué tipo de beneficios tiene el separar a basura?
- ¿Lo hacen en su casa?

Además se les hizo entrega de un volante (figura 1), con dos finalidades; la primera era para establecer un contacto con el entrevistado y la segunda para motivarlo a separar (o seguir separando los residuos), además, un integrante del equipo tomaba fotografías y llevaba una bitácora de las respuestas y reacciones de cada uno de ellos.

2.2 Inicio de la campaña

Aunque en las islas ecológicas se observan claramente el tipo de residuos que va en cada contenedor, se repartió un pequeño volante, recordando/indicando el tipo de residuos que debe ir en cada uno de ellos, además se agregó una frase en el volante que propiciara un interés y/o motivación para continuar con la campaña (figura 1).

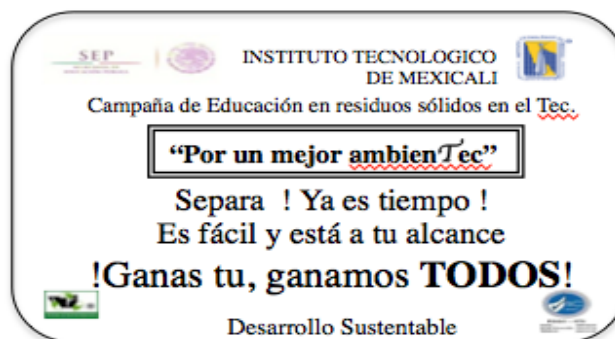


Figura 1. Volante de la campaña

2.3 Encuesta

A manera de cultura general (sin valor estadístico), se les hicieron tres preguntas:

- 1) ¿conoces el significado de los colores para separar la basura?
- 2) ¿normalmente depositas la basura en las islas ecológicas?
- 3) ¿cuándo depositas la basura en las islas, lees el letrero para depositar donde se debe hacer?

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la encuesta, más de un 70% respondió que no conocía el significado de los colores para separar basura, el 80% respondió que deposita la basura en las islas ecológicas siempre y cuando estén cerca, de lo contrario deja la basura en cualquier lugar y cerca del 80% respondió que cada vez que deposita basura en una de las islas, lee el letrero para asegurarse de hacerlo correctamente.

Aunque las islas ecológicas están distribuidas convenientemente en toda la institución y cada una de ellas cuenta con una lona en su parte superior indicando por medio de colores que es lo que se debe depositar en cada uno de los contenedores (figura 2), existe apatía por parte de los miembros de la institución por depositar los residuos en donde corresponden como se muestra en al figura 3.



Figura 2. Composición de una isla ecológica.



Figura 3. Depósitos con mezcal de residuos



3.2 Interés de los miembros de la institución

Después de una semana de educación y promoción del buen uso de las islas ecológicas, la reacción que mostraron tanto alumnos como trabajadores a los miembros de los equipos de trabajo fue un deseo por participar en la campaña así como su entendimiento respecto al funcionamiento de estas islas. Durante la campaña se observó que el sistema de islas aún requiere mejoras, los miembros de la IES no tiene conocimiento sobre cómo se debe disponer de la basura adecuadamente (antes de entregar el volante); además algunos no conocen cómo clasificar la basura y la mayoría recibieron con agrado las sugerencias para mejorar. Algunos docentes y administrativos no creen en esta labor, algunos comentarios tales como: “no tiene caso separar no se ilusionen” o “ahorita lo hacen porque su maestro los presiona” son solo algunos ejemplos, afortunadamente no fueron muchos los comentarios negativos de quienes, por definición, deberían ser los primeros en promover este tipo de campañas.

3.3 Recopilado de sugerencias

Al iniciar la campaña se observó que al interior de los contenedores, los residuos no se depositaban conforme a la información del letrero sobre ellos, por lo que a las personas entrevistadas se les pidió mencionaran los principales defectos que impedían o impedirían el uso apropiado de los contenedores. Las respuestas que dieron muestran un interés en que este esfuerzo de la institución por las islas ecológicas, siga adelante, además mencionaron algunas ideas para mejorar el proyecto.

De los reportes de los resultados de la campaña realizados por los distintos equipos se resumen las siguientes propuestas generales:

1. Remplazar o complementar el sistema de colores de los contenedores con un sistema pictográfico.
2. Colocar bolsas en los contenedores.
3. Añadir una tapa para los contenedores de desechos orgánicos.
4. Verificar que el orden de los contenedores corresponda con el mostrado por los letreros sobre ellos.
5. Cuidar la presencia y condición general de los letreros.
6. Cuidar el color y condición general de los contenedores.
7. Realizar campañas de concientización de forma rutinaria y más intensiva dentro y fuera de las instalaciones.
8. Ampliar la información que muestran los letreros.
9. Limitar la separación de basura a residuos orgánicos e inorgánicos.
10. Aumentar la cantidad de islas ecológicas.
11. Incluir un contenedor para desechos líquidos en las islas.
12. Desarrollar un juego de tiro al blanco para motivar la utilización de los contenedores.
13. Implementar un sistema de castigo y recompensa por ignorar y respetar los contenedores, respectivamente.
14. Hacer de las islas ecológicas un punto prominente de las pláticas de inducción para los alumnos de nuevo ingreso.

4. CONCLUSIONES

Las ideas, actitudes y valores que los miembros de la IES muestran en las diferentes actividades que se dan en una institución, debe ser el principal factor a corregir en este tipo de campaña, pues todos los miembros son quienes deben (debemos) colaborar de manera constante para dar un buen ejemplo hacia la sociedad. Las excusas tales como: “que los otros lo hagan”, “uno no hace historia”, entre otros, no debe ser motivo de desánimo sino el punto de partida para buscar mejorar en todos los aspectos de la vida y específicamente, en llevar a cabo la separación de la basura. Aunque tengamos tecnologías de vanguardia y la información a nuestro alcance, existe un factor que siempre resultará impredecible; la educación de cada individuo. La separación de basura es una solución en materia de prevención, no de corrección; cuanto más apoye la comunidad educativa en este proyecto, más rápidamente se generará una solución viable para este problema.



Aunque la encuesta fue sin medición estadística, se puede concluir que fomentar la educación de los residuos en forma constante, permite generar un éxito en estas islas.

El colocar en cada uno de los contenedores imágenes de lo descrito en la lona, tales como etiquetas con pegamento, se identificará más rápido en donde se debe depositar cada residuo generado [3].

También se generaron comentarios acerca de agregar un depósito más para los líquidos, esto para conocer cuanto líquido se desperdicia en la institución, la mayoría de estos son de botellas de agua, líquido vital, sobre todo en un desierto como lo es Mexicali.

Todo lo que se haga el día de hoy será un precedente para el mañana. Las futuras generaciones no solo demandan un mundo con recursos para desarrollarse, sino también un ejemplo al cual asirse y del cual aprender. Cuanto realicemos (¡y no realicemos!) será a su vez hecho o ignorado (según sea el caso), por aquellos que algún día alcanzarán nuestra edad: los niños.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ríos Montes K, Echeverri Jaramillo G. 2011. Diagnostico preliminar, base para la construcción de un Programa de Manejo de Residuos Sólidos. Revista Gestión y Ambiente. Vol. 15 (1). Pp. 143-150.
- [2] UANL. 2013. Programa de separación y reciclaje de residuos -PROSER-. Consultado el 29 Abril de 2014 en: http://copsus.sds.uanl.mx/wp-content/uploads/downloads/interes/130208_01-programa-separacion-reciclaje-residuos-proser.pdf
- [3] Buenrostro Delgado O. 2011. El plan de manejo de los residuos sólidos, de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Consultado el 6 Junio de 2014 en: <http://www.cic.umich.mx/documento/libros/libroprogramademanejoders.pdf>

[Indice](#)



Hacia una Responsabilidad Social y Ambiental en la Universidad Michoacana

¹Evelia Santillán-Ferreira*, ¹Julián Domínguez -Tello

¹Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Posta Veterinaria Km. 1.5 Morelia- Zinápecuaro. CP. 58880. Tel/Fax (443) 3340475 Ext. 125

Morelia, Michoacán, México. evesanantillan@yahoo.com.mx

RESUMEN

En el modelo clásico de la universidad latinoamericana, la misión social y ambiental universitaria estaba depositada solo en la idea de la extensión. Pero no ha funcionado del todo, puesto que no estaba muy vinculado con los otros dos pilares de la formación y la investigación. El objetivo de este trabajo es tejer vínculos entre los diversos actores universitarios alrededor de un proyecto institucional común con una misión y visión universitaria y proyectarlo a la sociedad. Como parte de la participación de Responsabilidad Social Universitaria RSU, en este trabajo se realizaron dos Actividades fundamentales: El reciclón 2012 y 2013, en la Universidad Michoacana (U.M). En una segunda etapa se aplicó un ejercicio de la Huella Ecológica (H.E) a una comunidad de alta marginación de Michoacán, se implementaron tres talleres interactivos, acompañados de videos, conferencias y la utilización de materiales didácticos. Como Resultado de la primera actividad se acopiaron 18,330 Kg. toneladas de residuos eléctricos y electrónicos (REE), se evaluó la participación de la comunidad universitaria. Con los resultados de la HE se obtuvo el promedio de la demanda humana que se hace de los recursos existentes en los ecosistemas del planeta. Se concluyó que es muy importante la búsqueda de mayor excelencia educativa que nos permita caer en cuenta que es fundamental vincular estrechamente los cuatro procesos institucionales: gestión, formación, investigación, y extensión, para una transformación de la sociedad, hacia un desarrollo sostenible.

Palabras Clave: *Gestión, Huella ecológica, Medio ambiente, Reciclan universitario responsabilidad social.*

1. INTRODUCCIÓN

La responsabilidad Social Universitaria, nace en América Latina alrededor de los años 2000 en Chile con el proyecto Universidad construye y el proyecto de iniciativa ética capital social y desarrollo [1]. La responsabilidad social es una temática que en los últimos años ha adquirido notoriedad en el ámbito académico y de gestión de las instituciones de educación superior (IES), especialmente a nivel de la gestión estratégica de las universidades, así como respecto al aumento de las cátedras y cursos de especialización y postgrado. Sin embargo, su aplicación en el ámbito universitario adolece de similares carencias que su utilización en el mundo empresarial: no existe un consenso claro y específico de su significado ni de sus aplicaciones concretas, reflejadas en acciones o estrategias que permitan alcanzar un comportamiento socialmente responsable que sea aceptado de forma unánime[2]. La misión de la Universidad está definida en la mayor parte de los casos en términos de Responsabilidad Social, sin embargo las herramientas de control interno no explican la relación entre los factores claves de la responsabilidad social y el grado de cumplimiento de su misión. La Responsabilidad Social se desarrolla cuando una organización toma conciencia de sí misma, de su entorno, y de su papel en su entorno. Presupone la superación de un enfoque egocéntrico. Además, esta conciencia organizacional trata de ser global e integral (incluye tanto a las personas como al ecosistema, tanto a los trabajadores como a los clientes) y, a la vez, "contagiarse" en todas las partes de la organización (todas las personas de la organización deben de poder acceder a ese nivel de conciencia) [2]. Cada vez más Universidades quieren promover y practicar la Responsabilidad Social Universitaria (RSU). Las Universidades no podían quedarse alejadas de la reflexión sobre Responsabilidad Social,



ellas también son organizaciones, que a través de sus principales propósitos: formación humana y profesional (propósito académico) y construcción de nuevos conocimientos (propósito de investigación) tienen impactos específicos distintos a los generados por las empresas. Estos impactos, reagrupados en cuatro rubros: Impactos de funcionamiento organizacional, Impactos educativos Impactos cognoscitivos y epistemológicos e Impactos sociales deben constituir los ejes de acción que guían a las Universidades hacia una gestión socialmente responsable [3].

El concepto de “responsabilidad social corporativa” llega también al mundo universitario, entendiendo por Responsabilidad Social Universitaria la capacidad que tiene la Universidad de difundir y poner en práctica un conjunto de principios y valores generales y específicos, por medio de 4 procesos claves: Gestión, Docencia, Investigación y Extensión. Al igual que sucedió en el mundo empresarial, la aparición y aplicación del concepto de "responsabilidad social" no supuso el inicio de actividades socialmente responsables en la universidad, sino que algunas instituciones ya tenían en marcha iniciativas relacionadas, sobre todo en el ámbito medioambiental. La creciente implicación de las universidades en su entorno inmediato ha convertido al compromiso social en uno de los temas estrella de la educación superior del siglo XXI [4].

Para precisar orientaciones estratégicas generales de responsabilidad social universitaria, es provechoso enfocar 4 líneas de acción institucional:

1- En lo que concierne la Gestión interna de la Universidad: La meta es orientarla hacia la transformación de la Universidad en una pequeña comunidad ejemplar de democracia, equidad (supresión de las segregaciones y corrección de los privilegios), transparencia (política y económica), y hacer de ella un modelo de desarrollo sostenible (política de protección del medio ambiente, uso de papel reciclado, tratamiento de los desechos, etc.). Será pertinente utilizar herramientas empleadas ya por las empresas para lograr niveles de calidad como la norma SA 8000 por ejemplo, o el Balance social. Hacer de la Universidad una comunidad socialmente ejemplar, es beneficiarse de una doble fuente de aprendizaje: el estudiante aprende en la Universidad su carrera, pero también aprende de la Universidad los hábitos y valores ciudadanos. Más que los cursos de ética, cuyo impacto de actitudes es discutible, es la práctica cotidiana de principios y buenos hábitos comunes que forma las personas en valores [4], [5].

2- En lo que concierne la docencia: La meta es de capacitar a los docentes en el enfoque de la Responsabilidad Social Universitaria y promover en las especialidades el Aprendizaje Basado en Proyectos de carácter social, abriendo el salón de clase hacia la comunidad social como fuente de enseñanza significativa y práctica aplicada a la solución de problemas reales. Aquí se trata de ser creativos, y de imaginar (no sólo a través de prácticas profesionales sociales, sino también en los cursos teóricos de cada carrera) cómo el estudiante puede aprender lo que tiene aprender haciendo cosas socialmente útiles y formándose como ciudadano informado y responsable. Esto fomentará la creación de talleres de aprendizaje en las facultades, mayor articulación entre las disciplinas (por la necesidad de un enfoque multi e interdisciplinario para tratar los problemas sociales), y mayor articulación entre la docencia, la investigación y la proyección social [4], [5].

3- En lo que concierne la investigación: La meta es de promover la investigación para el desarrollo, bajo todas las formas posibles. Por ejemplo, una estrategia posible es que la Universidad firme convenios de hermanamiento con distritos urbano marginales o rurales e invite a los departamentos de las diversas carreras a desarrollar investigaciones interdisciplinarias aplicadas con dichas localidades. Así, investigadores y docentes se encuentran trabajando sobre la misma problemática en el mismo lugar desde sus especialidades respectivas, creando una sinergia de saberes, y la interdisciplinariedad deja por fin de ser el “elefante blanco” del cual todos hablan pero que nunca nadie ha podido domar y montar [4], [5].

4- En lo que concierne la proyección social: La meta es de trabajar en interfaz con los departamentos de investigación y los docentes de las diversas facultades para implementar y administrar proyectos de desarrollo que puedan ser fuente de investigación aplicada y recursos didácticos para la comunidad universitaria. Dejando atrás la marginalización institucional de estas iniciativas voluntarias humanitarias, por la debilidad de su vínculo con la formación profesional y la didáctica universitaria, la idea es de lograr una integración de la proyección social en el corazón de la institución, gracias



a una Dirección Académica de Responsabilidad Social Universitaria que gestione las iniciativas estudiantiles y docentes, y pueda controlar su calidad. Inútil de precisar que tal unión estrecha entre proyección social, docencia e investigación resultará sin duda en el aumento significativo del voluntariado estudiantil, puesto que el alumnado habrá podido aprovechar de un aprendizaje basado en proyectos durante su formación.[7] La Responsabilidad Social, se logra si todos tenemos un deber ético y justicia, en una dinámica de transformación social y económica, donde la meta final es el desarrollo sostenible, es decir la construcción de un sistema social justo para los humanos del presente y también para las futuras generaciones, con un mismo fin de transformar nuestro modo de existir en el planeta. La responsabilidad social debe ser incluyente con un compromiso mutuo, y responsable de todos los actores; es decir debe haber corresponsabilidad común y colectiva, que transforme a la sociedad humana local y globalmente [4], [5].

2. METODOLOGÍA

En este trabajo se realizaron tres actividades orientadas a crear estrategias de Responsabilidad Social y Ambiental en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Un reciclón en el 2012 y otro en el 2013, para el acopio de los Residuos Eléctricos y Electrónicos (REE), y así propiciar una gestión integral de los residuos, en este caso considerados de manejo especial. La tercera actividad fue el ejercicio de “Mi Huella Ecológica”. El objetivo fundamental de calcular la huella ecológica consiste en evaluar el impacto sobre el planeta de un determinado modo o forma de vida y, compararlo con la biocapacidad del planeta. Consecuentemente es un indicador clave para la sostenibilidad [8].

Primer reciclón universitario en el 2012. En este evento se realizaron campañas de difusión con dos meses de anticipación en los medios de comunicación: radio, televisión, internet, páginas Web oficiales, redes sociales, prensa escrita carteles, lonas y mantas invitando a la comunidad universitaria a acudir al centro de acopio que se instaló por dos días en las instalaciones de Ciudad Universitaria, así mismo la invitación se extendió a la ciudadanía en general. Participaron alumnos de las diversas escuelas, facultades, e institutos de la Universidad Michoacana como apoyo para establecer formas de recepción, registros de procedencia y acomodo para ser transportados por la empresa REMSA, y posteriormente ser pesados. En este primer evento se acopiaron 11,790 toneladas de REE [8] [9].

Segundo reciclón universitario en el 2013. Durante el mes de noviembre retomando los procedimientos y la organización previa, considerando las experiencias del anterior evento se procedió a seguir el mismo orden y logística tratando de mejorar. En este evento se rebaso la expectativa de estudiantes voluntarios para participar, quienes fueron convocados a través de las redes sociales, se logro acopiar 6,540 toneladas de REE, lo que significa que fue muy alto el volumen pero menos peso, debido a que las personas que acudieron a llevar sus residuos entregaron equipos y componentes muy voluminosos pero poco pesados, en su mayoría se recibieron equipos de cómputo y televisores CRT. Los de mayor volumen fueron los televisores debido a la sustitución analógica por digital [8] [9].

La tercera actividad es el ejercicio de la “Huella Ecológica”, La huella ecológica calcula el área de terreno y océano necesarios para sostener su consumo de alimentos, bienes, servicios, alojamiento y energía y asimilar sus residuo [13]. Este evento se realizo en el municipio de Churumuco ubicado en la región de Tierra Caliente del estado de Michoacán, clasificado con un índice de alta marginación y con una población de 14,360 habitantes (INEGI, 2010). Las actividades que se realizaron formaron parte del programa “Ciencia en acción” impulsado Secretaria de Educación Pública del estado a través de la Dirección General de Desarrollo e Investigación Educativa y Dirección de Proyectos de Investigación e Innovación. Se aplicaron 55 encuestas con 27 reactivos a estudiantes que asistieron al evento de educación básica y media superior, se capturaron en una base de datos, esto con la finalidad de obtener su huella ecológica personal considerando los resultados obtenidos de: huella de carbono, huella de alimentos, huella de alojamiento y huella de bienes y servicios. Este evento se acompañó con carteles alusivos al tema, conferencias sobre diversos temas ambientales y actividades



interactivas, concluyendo con un mural sobre la huella ecológica que se plasmo en una pared asignada para ello, en la sede del evento.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el resultado de estos 2 reciclones universitarios para el acopio de Residuos Eléctricos y electrónicos (REE), se logro que docentes, estudiantes y administrativos se identificaran e involucraran, en una estrategia de gestión integral en el manejo de estos residuos, con una perspectiva de responsabilidad colectiva y no personal por los impactos más que por los actos, con ello se pretende coadyuvar a tejer vínculos entre todos los actores universitarios en un proyecto institucional que es la misión y visión universitaria, hacer efectivos los cambios sistémicos necesarios, con carácter social y con una corresponsabilidad. En las figuras 1- 4 se muestran fotos de los dos eventos del reciclón universitario.

De las 18,240 toneladas acopiadas durante los reciclones 2012 y 2013 y el reciclado de vidrio, plástico, metales ferrosos y no ferrosos y la no disposición en rellenos sanitarios de todos los residuos, como se muestra en la Tabla 1 y 2 se contribuyó en el ahorro de:

Tabla 1. Beneficios ambientales 2012

11,700 Toneladas	
785,921	Litros de agua ahorrados
142,187	Kg.de combustibles fósiles no utilizados
118	Toneladas de CO ₂ , se evito liberar a la atmósfera
53	M ³ de espacio en el relleno sanitario
8,074	Kg. de ahorro de producto químico

Fuente: Recicla Electrónicos de México (REMSA)

Tabla 2. Beneficios ambientales 2013

6,540 Tonelas	
435,956.40	Litros de agua ahorrados
78,872.40	Kg.de combustibles fósiles no utilizados
65.40	Toneladas de CO ₂ , se evitó liberar a la atmósfera
29.30	M ³ de espacio en el relleno sanitario
4,478.48	Kg. de ahorro de producto químico

Fuente: Recicla Electrónicos de México (REMSA)



Figura 1. Alumnos participantes



Figura 2. Jovenes en acción



Figura 3. Recibiendo REE

La tercera actividad que se realizó fue sobre “Mi Huella Ecológica” en el municipio de Churumuco, Michoacán se contó con la presencia 4,792 personas de 22 de comunidades michoacanas y 6 del estado de Guerrero Figura 4. Durante 3 días se impartieron pláticas y se realizaron actividades interactivas a grupos de entre 70 a 80 alumnos, sumando un total de 1.500 alumnos de educación básica y media superior que se atendieron en este taller, enfatizando temas sobre calentamiento global, cuidado del medio ambiente, ahorro de agua, de energía, producción y consumo de alimentos de la región, los más pequeños preescolar y primaria armaron rompecabezas, recortaron. Resulto de gran interés para todos los niveles educativos hacer el recorrido por las huellas marcadas y sobre todo entender la huella como una responsabilidad y compromiso con el cuidado del medio ambiente, posteriormente se elaboró un mural con su huella representada con la impresión de su mano Figura 5.



Figura 4. Asistentes al evento “ciencia en acción”.



Figura 5. Mural de la huella ecológica.

En la Tabla 3. Se muestran los resultados que se obtuvieron de las 55 encuestas que se aplicaron a jóvenes en el municipio de Churumuco, Michoacán. Para obtener los resultados de la huella ecológica se calculó: la huella de carbono (uso de energía en el hogar y el transporte), huella de alimentos, huella de alojamiento y huella de bienes y servicios. El promedio de tierras necesarias para vivir por persona es de 1.47 hectáreas globales (gha) o áreas globales (ga) esto



significa que están haciendo uso de los recursos más de lo que tienen, por lo tanto en promedio necesitan más de un planeta para vivir de acuerdo a su modo de vida, están utilizando los recursos de casi un planeta y medio.

Tabla 3. Promedio de tierras necesarias para vivir por persona y promedio de huella ecológica en el municipio de Churumuco, Michoacán.

Nombre de la variable	Casos	Mínimo	Máximo	Media
Tierras necesarias para vivir por persona (Huella Ecológica)	55	0.79	3.1	1.47
Huella de carbono	55	0.38	14.63	3.67
Huella de alimentos	55	2.44	13.25	7.01
Huella de alojamiento	55	0.87	7.55	2.85
Huella de bienes y servicios	55	2.51	8.1	4.52

4. CONCLUSIONES

Con el acopio de los REE y el ejercicio de la Huella Ecológica, se ha logrado que la comunidad universitaria participe cada vez más para contribuir a una gestión y manejo adecuado de los REE, fomentando una cultura ambiental para lograr cambios en los patrones de consumo tanto individual como colectivamente. Lograr una reflexión acerca de las consecuencias y efectos muchas veces lejanos de nuestros actos, donde los impactos van siempre más allá y entrelazados con los impactos de muchos otros. Desde esta perspectiva es difícil asumir una responsabilidad social por sus impactos más que por sus actos, de ahí la importancia de una buena formación ética desde la universidad y la Responsabilidad Social Universitaria. El reto de la Universidad es la vinculación de las partes tradicionalmente disgregadas llevando a cabo acciones que permitan tejer vínculos entre los actores universitarios alrededor de un proyecto institucional común que es la Misión y Visión universitaria. Es decir, es nuestra responsabilidad común a todos nosotros los agentes sociales, para la transformación de la sociedad humana tanto local como global en una sociedad realmente responsable de sus propios procesos, impactos y destino, para un desarrollo humano justo y sostenible poniendo en práctica un conjunto de principios y valores generales y específicos, por medio de 4 procesos claves: Gestión, Docencia, Investigación y Extensión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Vallaey, François 2014. Curso- Diplomado de. Formación de Actores Universitarios desde la Docencia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Comisión de Planeación Universitaria. Morelia, Michoacán Pág., 1-59.
- [2] Vallaey, Francois, 2009 Qué es la responsabilidad social universitaria?". Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú p.18.
- [3] Domínguez Pachón, María de Jesús. "Responsabilidad social universitaria". Humanismo y trabajo social. 8 (2009): 37-67. Redalyc. Web. Enero 31 del 2011.
- [4] Gaete Quezada R.A La responsabilidad social universitaria como desafío para la gestión estratégica de la Educación Superior, 2011: el caso de España, Revista de educación, ISSN 0034-8082, págs. 109-1



- [5] Vallaes, François. 2011. Carrizo, Luis. “Hacia la Construcción de Indicadores de Responsabilidad Social Universitaria”. Responsabilidad Social Universitaria UDLAP. Universidad de las Américas Puebla, s.f. Web. Enero 31 del 2011 <http://sorteoudla.org.mx/rsu/pdf/%202/IndicadoresRSU.pdf>
- [6] Biblioteca digital de la Iniciativa Interamericana de Capital Social, Ética y Desarrollo del BID: www.iadb.org/etica y en particular los trabajos de B. Kliksberg.
- [7] Martínez Martín M., Buxarrais Estrada M. R. y Francisco Esteban Bara F. Mayo-Agosto 2002 / *Maio-Agosto 2002*, La universidad como espacio de aprendizaje ético, Revista Iberoamericana de Educación es una publicación monográfica cuatrimestral editada por la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI).
- [8] Santillán, F. E. (2012). Cuantificación de los residuos electrónicos de las Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, para la realización del plan de manejo integral. Memorias del 6°. Encuentro Nacional de Expertos en Residuos Sólidos. Pp. 152-157.
- [9] Recicla Electrónicos de México (REMSA), 2012. Reporte
- [10] Recicla Electrónicos de México (REMSA), 2013. Reporte
- [11] Orozco Nieto D.A. (2012-2013). Comunicación personal.
- [12] <http://www.myfootprint.org>

[Indice](#)



Educación Ambiental para la Reutilización de los Residuos Sólidos Domésticos en Viviendas del Valle de Mexicali

¹Ana María Vázquez Espinoza, ¹Cesar Hernández Guitrón, ²Gisela Montero Alpírez, ^{2,3}Conrado García González,
²Marcos Coronado Ortega, ¹Víctor Viveros Martínez

¹Escuela de Ingeniería y Negocios, Guadalupe Victoria, Universidad Autónoma de Baja California Carretera estatal no.3 Col. Gutiérrez s/n. CP 21720, delegación Guadalupe Victoria, Mexicali, BC. anyvazquez@uabc.edu.mx

²Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California, Calle de la Normal S/N, Col. Insurgentes Este, CP 21280, Mexicali, BC;

³Academia de Química y Bioquímica, Instituto Tecnológico de Mexicali, av. Tecnológico S/N, Col. Elías Calles, Mexicali, B.C., CP 21396, México.

RESUMEN

Desde el 2013 en Guadalupe Victoria, en el Valle de Mexicali, Baja California, la Universidad Autónoma de Baja California impulsa el aprovechamiento de residuos sólidos domésticos con el objetivo de reducir la disposición de estos, mediante la reutilización y reciclado, así como fomentar la sustentabilidad ambiental. La diversidad de residuos sólidos que se generan en una vivienda, pueden ser aprovechados para la construcción de muebles, juguetes, macetas y diversos accesorios. Esto se realiza a través de los estudiantes universitarios que se encuentran asociados al programa de servicio social registrado con el título “Reciclaje en la Escuela de Ingeniería y Negocios Ciudad Guadalupe Victoria y Rehabilitación Ecológica y Cultura Ambiental: Agua, Aire y Energía”. Los estudiantes apoyados en su creatividad diseñan y elaboran un objeto funcional a partir de residuos; esta labor se realiza en dos lugares en las escuelas de nivel básico y en viviendas de escasos recursos del Valle de Mexicali. El estudiante identifica una necesidad de la vivienda, enseguida busca y selecciona los residuos sólidos útiles, resistentes y durables. Posteriormente se invita a la familia a participar en la elaboración del objeto, para que aprendan y puedan reproducir tal actividad. Durante el desarrollo del trabajo se hace énfasis en la adopción de una cultura ambiental y reutilización de los residuos domésticos, tratando de mitigar el problema de la disposición y falta de espacio en los rellenos sanitarios, ya que estos últimos son escasos. A la fecha se han elaborado 20 artículos que han favorecido a 20 familias en el Valle de Mexicali.

Palabras clave: *Cultura ambiental, Reciclaje, Reutilización, Residuos, Sustentabilidad.*

1. INTRODUCCIÓN

El deterioro de los recursos naturales cada vez es más frecuente y el incremento de los residuos generados, causan un desafío en el desarrollo económico con la idea que acuerden con la preservación y el cuidado del medio ambiente. Una propuesta de solución a esta problemática es el desarrollo sostenible, cuyos principios fundamentales están basados en el equilibrio entre crecimiento económico, social y la conservación.

Es necesario potenciar, en forma sinérgica, la protección ambiental, el uso duradero de los recursos naturales y en general, la integridad de los ecosistemas, es decir, proteger la base natural que posibilita nuestro desarrollo. Ya que nuestro entorno principal es el medio ambiente.

Un medio ambiente deteriorado afecta y condiciona especialmente las circunstancias de vida de las personas y la sociedad en su conjunto. Para ello se requiere que se proteja y se forme conciencia comprendiendo el conjunto de valores



naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y un momento determinado, que influyen en la vida del hombre y en las generaciones venideras.

Los valores y cultura se pueden reforzar a través de la educación ambiental informal en las escuelas y los habitantes de las comunidades a las que pertenece dicha institución educativa. Con estas acciones se crea conciencia y permite fomentar el cuidado del medio ambiente para mejorar la calidad de vida de las personas.

Buscando mejorar la calidad de vida en las comunidades del Valle de Mexicali, se ha implementado la educación ambiental en dos lugares, en las escuelas de nivel básico y en viviendas de escasos recursos del Valle de Mexicali, a través de los estudiantes universitarios que están asociados a los programas de servicio social registrado con el título “Reciclaje en la Escuela de Ingeniería y Negocios, Guadalupe Victoria (REINCGV) y Rehabilitación Ecológica y Cultura Ambiental: Agua, Aire y Energía (RECAE)”.

Programas que se desarrollaron en la Escuela de Ingeniería y Negocios, Guadalupe Victoria, (EINGV) de la Universidad Autónoma de Baja California, (UABC) y que impulsan el aprovechamiento de residuos sólidos domésticos con el objetivo de reducir su disposición, mediante la reutilización y reciclado, así como fomentar la sustentabilidad ambiental, al promover el desarrollo de valores ambientales y cuidado del medio ambiente, el reconocimiento del valor de la biodiversidad y sociedad.

Actualmente se realizan actividades con el fin de formar conciencia sobre el reúso y generación de residuos sólidos domésticos, debido a la problemática que se presenta en las comunidades del Valle de Mexicali sobre el incremento de basura y la falta de los rellenos sanitarios. Se hace hincapié sobre la disposición que se debe dar a los residuos sólidos, y qué hacer para disminuir sus efectos negativos sobre la salud y el ambiente. Por otra parte, en ocasiones los residuos por sus características, carecen de valor para quien los genera, pero pueden tener valor para otras personas al ser utilizado o transformados en un objeto valioso. A través de la implementación de dichas acciones con un enfoque de educación ambiental, es posible alargar la vida útil de los rellenos sanitarios y disminuir el uso de los recursos naturales como fuentes de materia prima.

2. DESARROLLO

La educación ambiental enfocada con una perspectiva de sustentabilidad representa una alternativa para impulsar el desarrollo sustentable de las comunidades rurales de México.

La educación ambiental promueve en los sujetos el desarrollo de valores humanos y la formación de actitudes que se manifiestan en habilidades y aptitudes orientadas hacia la solución de problemas derivados de sus relaciones tanto sociales como con la naturaleza, para lograr la transformación superadora de su realidad local y global [1]. La interpretación ambiental es definida como el proceso educativo que utiliza la sensibilidad artística y el dato científico para percibir, reflexionar, valorar y transmitir características naturales y culturales del entorno que permita al individuo alcanzar una conciencia ambiental [2].

Para poder proporcionar la educación ambiental es necesario formar recursos humanos, que puedan transmitir cultura ambiental y fomentar los valores, tal es el caso de los estudiantes universitarios de la EINGV que participan impartiendo educación ambiental, a través de talleres, actividades de forestación y rehabilitación ecológica, utilizando los residuos



sólidos domésticos, así como el reúso y reciclaje de la basura en escuelas de nivel básico y familias vulnerables de la comunidad.

En el caso de la basura, es una molestia para la población por razones estéticas, higiénicas y de salud, causa males tanto visuales como olfativos por la presencia de suciedades. La conceptualización de esta problemática responde a ideas de suciedad, desaseo y podredumbre ocasionada por la impresión visual y olfativa de los desechos sólidos. El confinamiento de la basura a sitios alejados de la vista humana es parte de este orden social y de las prácticas actuales de higiene. Ningún individuo quiere tener cerca residuos que desprendan malos olores e, incluso, puedan causar enfermedades al generar fauna nociva para la salud.

La conceptualización cultural de la basura tiene implícito el hecho de tirarla, arrojarla, botarla, destruirla, como parte de su definición. Una vez que un artículo pierde su valor o completa su vida útil en un contexto social, queda sujeto a un proceso de reclasificación como objeto real y social: deja de servir, caduca su función primaria y se convierte en basura. Es considerada como materia prima apta para el reaprovechamiento, este término ha empezado a usarse para sustituir el concepto de basura existiendo una tendencia actual en la normatividad y en el gobierno [3].

2.1. Procedimiento

Los estudiantes universitarios tienen la oportunidad de apoyar a los habitantes de las comunidades del Valle de Mexicali a través del servicio social comunitario, requisito que tienen que cumplir para su formación profesional. Para ello, los estudiantes tienen la opción de participar en programas que tienen el objetivo de fomentar la educación ambiental y el cuidado del medio ambiente tales como: REINCGV y RECAE.

Para el desarrollo de dichos programas, se utilizan técnicas y estrategias de la teoría del constructivismo, capacitando a los estudiantes universitarios [4]. Una vez que el estudiante es capacitado, puede iniciar identificando a la familia que tiene una necesidad en su hogar o realizar sus actividades en escuelas primarias de nivel básico.

Elabora un plan de trabajo, donde propone la construcción de objetos a partir de residuos sólidos, buscando mejorar su estilo de vida. Posteriormente selecciona y separa residuos sólidos domésticos e identificando que objetos se pueden hacer, involucra a las familias o niños en tal actividad.

Los programas se desarrollan en dos ámbitos de las comunidades del Valle de Mexicali, en las escuelas de nivel básico y en viviendas de escasos recursos del Valle de Mexicali. A continuación se presentan algunas actividades realizadas de forestación utilizando residuos sólidos domésticos como son botellas de plástico, con la finalidad de rehabilitar jardines de la escuela primaria Poeta Jesús Sansón Flores (Figuras 1 y 2).



Figuras 1 y 2. Realización de actividades de forestación mediante el uso de residuos plásticos (*Archivo fotográfico del programa Reciclaje en Escuela de Ingeniería y Negocios, Ciudad Guadalupe Victoria Laboratorio de Ciencias Básicas de la EINGV*).

La participación conjunta de los programas permite realizar actividades con efectividad, ya que los estudiantes del programa RECAE, se apoyan de su creatividad para utilizar los residuos que proponen los estudiantes participantes del programa de REINCGV. Las actividades que se realizan están diseñadas con el uso de residuos sólidos domésticos, muy fáciles de manejar con la seguridad de que los niños participen en el desarrollo de actividades (Figura 3).



Figura 3. Elaboración de jardín en la escuela primaria Poeta Jesús Sansón Flores (*Archivo fotográfico del programa Reciclaje en Escuela de Ingeniería y Negocios, Ciudad Guadalupe Victoria Laboratorio de Ciencias Básicas de la EINGV*).

Los valores y el compromiso social son los puntos principales que fortalecen a estos programas, así mismo se fomenta la creatividad de los estudiantes universitarios y se les proporcionan ideas a las familias sobre el reúso de sus diferentes residuos, e.g. plástico, cartón, papel y madera, tal como es el caso donde se realizaron actividades para elaborar una mesa de centro a una familia, utilizando como residuo sólido madera. (Ver Figuras 4 y 5).



Figuras 4 y 5. Construcción de muebles a partir de residuos sólidos: madera (Archivo fotográfico del programa Reciclaje en Escuela de Ingeniería y Negocios, Ciudad Guadalupe Victoria Laboratorio de Ciencias Básicas de la EINGV).

3. CONCLUSIONES

El programa REINCGV realiza actividades desde el 2008 en las escuelas de nivel básico impartiendo educación ambiental a los niños, con la finalidad de que asimilen esta información y la trasmitan al resto de sus familias. Participan activamente 40 estudiantes universitarios aproximadamente por año, lo que le permite al estudiante participar en diversas localidades del Valle de Mexicali. Posteriormente inician actividades RECAE con actividades de forestación ecológica, permitiendo al estudiante universitario realizar actividades que contribuyan a reforzar los valores como la ética, el compromiso y la responsabilidad que complementan su formación profesional.

Ambos programas representan una oportunidad para fortalecer la educación ambiental en el Valle de Mexicali y sus alrededores, logrando mejorar la calidad de vida de los habitantes. Desde el 2013 se ampliaron las metas para los estudiantes universitarios, permitiendo realizar actividades con familias de escasos recursos utilizando residuos sólidos domésticos, a demás continúan trabajando con las escuelas del nivel básico fomentando la cultura y valores desde la educación ambiental.

Las actividades que se realizan son diseñadas por estudiantes universitarios, con su creatividad, proponen y diseñan utilizando residuos sólidos domésticos principalmente residuos que no les encuentran ningún valor, por lo que se han favorecido 20 familias en el Valle de Mexicali, desde artículos de limpieza, mesas, sillones, etc. Así como otros artículos de importancia y de necesidad para los integrantes de las familias en el Valle de Mexicali. Cada acción que realizan las



universidades a través de los estudiantes universitarios, los niños de las escuelas de nivel básico y las familias de las comunidades sobre el reúso de los residuos sólidos, favorece al medio ambiente y mejora la calidad de vida.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Autónoma de Baja California, por el apoyo para la realización del presente trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Puente Pardo, E., Rodríguez Luna, A.R., López Hernández E.S. 2012. “Modelo de educación ambiental para el desarrollo sustentable de comunidades rurales del trópico húmedo” *Educación Ambiental* Vol. 11(2) pp.32.
- [2] Reyes Escutia, F., Bravo Mercado, M.T. Educación Ambiental para la sustentabilidad México Aproximaciones conceptuales, metodológicas y prácticas 1ra. Edición. 2008. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, México. pp. 47-48.
- [3] Salgado López, J.A. 2012. “Residuos sólidos: percepción y factores que facilitan su separación en el hogar. El caso de estudio de dos unidades habitacionales de Tlalpan” *Quivera*, Vol. 14(2012-2), pp. 94.
- [4] Vázquez Espinoza, A. M., Montero Alpírez, G., García González, C., Coronado Ortega, M. Flores González A., Hernández Guitrón C.A. 2013. “Fomento de la Sustentabilidad Ambiental en Guadalupe Victoria, Valle de Mexicali mediante la Educación Informal” V Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos Sólidos pp.1-6.

[Indice](#)



VIII

Tecnologías para el Manejo de Residuos Sólidos

"Durante centenares de miles de años, el hombre luchó para abrirse un lugar en la naturaleza. Por primera vez en la historia de nuestra especie, la situación se ha invertido y hoy es indispensable hacerle un lugar a la Naturaleza en el Mundo del Hombre."

Santiago Kovadloff

[Indice](#)



Elaboración y Caracterización de un Material Compuesto a partir de RSU

¹Heriberto Hernández Cocoltzi, ¹Eva Águila Almanza, ¹Karina B. Palacio García, ¹Virginia Miranda Pérez, ²Efraín Rubio Rosas

¹Facultad de Ingeniería Química, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Av. San Claudio y 18 sur S/N edificio 106H CU San Manuel 72570 Puebla México. Teléfono: (222) 2295500 ext. 7253. E-mail: heribert@ifuap.buap.mx

²Centro Universitario de Vinculación y Transferencia de Tecnología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Prol. 24 sur S/N CU San Manuel 72570 Puebla México.

RESUMEN

El comercio de las cafeterías utiliza grandes cantidades de café en grano y envases multicapa para la elaboración de sus bebidas, mismos que son desechados y llevados a los basureros sin darle algún otro uso causando contaminación. Por tal razón, en este trabajo se elabora un material compuesto utilizando estos residuos sólidos. El material se elabora con celulosa recuperada de los envases multicapa, bagazo de café tratado químicamente, almidón comercial utilizado como matriz del material y etilenglicol y glicerol como plastificantes para aumentar su flexibilidad. Éste se caracteriza mediante difracción de rayos X (DRX), microscopía óptica (MO), microscopía electrónica de barrido (SEM) y espectroscopía de infrarrojo con transformada de Fourier (FT-IR).

Palabras Clave: *Bagazo de café, Envase multicapa, Tratamiento químico.*

1. INTRODUCCIÓN

A partir de los años 90's se ha visto un incremento en los establecimientos dedicados a la venta de bebidas de café gourmet en todo el país. A raíz de esto se han creado diferentes compañías de cafeterías que ofrecen al público una gran variedad de bebidas que, para su preparación, ocupan una cantidad considerable de café y leche en presentación multicapa, mismos que en la mayoría de las ocasiones son desechados indiscriminadamente a los basureros sin darle un uso alternativo. Puebla es la ciudad con mayor número de cafeterías de una franquicia fundada en la capital del estado que se ha logrado extender a lo largo de todo el territorio mexicano. Debido a que la franquicia de cafeterías no tiene implementado un programa de manejo de residuos ni de capacitación de personal para llevarlo a cabo, no hay información sobre las cantidades exactas de residuos sólidos urbanos (RSU) generados por éstas; por tal motivo, no hay conciencia sobre el impacto ecológico que estos propician y mucho menos sobre la posibilidad de aprovecharlos.

Debido a que la cantidad de bagazo de café y envases multicapa provenientes de las cafeterías es incierta, se requiere elaborar un inventario de las fuentes generadoras de estos residuos y así estimar la viabilidad de proponer alternativas de manejo para el aprovechamiento de dichos residuos orgánicos, evitando que lleguen a las calles o bien a rellenos sanitarios. Hasta donde se sabe no hay una investigación dedicada al aprovechamiento del bagazo del café en conjunto con los envases multicapa. Por lo anterior, en este trabajo se reportan los principales resultados de un inventario realizado en estas fuentes generadoras de residuos y la elaboración y caracterización de un material compuesto a partir de las fibras recuperadas de los RSU generados. Con esto se pretende contribuir a la disminución de la contaminación generada por estos residuos agroindustriales y se propondrá su revalorización a través de la generación de un nuevo material pretendiendo dar una posible aplicación para el uso de éste en las mismas cafeterías.



2. METODOLOGÍA

Las cafeterías fueron localizadas basados en la información de la página web de la cadena y se georeferenciaron con el dispositivo GPS, Garmin Oregon 550 World Wide. Se generó una base de datos, utilizando un formato de encuesta, conteniendo las cafeterías georeferenciadas. El bagazo y los envases se consiguieron en una cafetería de la franquicia localizada en Ciudad Universitaria

2.1 Tratamiento de los envases y el bagazo

Los envases se recortaron en forma de placa. Se lavaron con agua y jabón y se remojaron en agua durante 24 horas. Después se separaron manualmente en las diferentes capas que los componen. Se utilizó sólo la capa de papel que forma el envase. Ésta se dejó secar a temperatura ambiente durante 24 horas. Una vez seca se trituró con ayuda de una licuadora convencional hasta obtener finas fibrillas del papel. El bagazo de café se secó en charolas en una estufa a 100 °C. Posteriormente se sometió a un tratamiento alcalino. Para ello se pesaron 20 g de bagazo y se colocaron en un vaso de precipitados con 100 ml de una solución de NaOH al 10% con un pH=12, la solución se llevó a un tratamiento térmico de 90 °C durante 4 horas. El material obtenido se lavó con 20 ml de agua acidificada con H₂SO₄ al 1.2% y se neutralizó hasta obtener un pH=7. Se lavó con 50 ml de agua destilada. Luego se secó a temperatura ambiente durante 24 horas, finalmente para tener la muestra más homogénea se pulverizó en un mortero de porcelana.

2.2. Preparación del material compuesto

Se obtuvieron materiales compuestos a partir de la celulosa recuperada de envases multicapa, del material obtenido del bagazo café, de almidón y el plastificante. Los materiales se prepararon con diferente composición y por triplicado. Los cuatro componentes se mezclaron en exceso de agua y se mantuvieron en agitación constante durante 30 minutos a 70 °C. Inmediatamente después la mezcla obtenida se vació en cajas Petri y se dejó secar en una estufa durante 24 horas a 60 °C.

2.3. Caracterización

La caracterización mediante espectroscopía de infrarrojo se realizó en un espectrofotómetro marca BRUKER modelo VERTEX70 con transformada de Fourier. Se realizaron 8 escaneos a un paso de 4 cm⁻¹ en la región del IR medio. También se utilizó un microscopio óptico marca Carl Zeiss modelo Axio Scope de campo claro para observar la morfología. Los detalles microscópicos se obtuvieron con un microscopio electrónico de barrido marca JEOL modelo JSM-6610LV. La cristalinidad se analizó con un difractómetro de rayos X marca BRUKER modelo D8DISCOVER que opera con una potencia de 40Kv a un paso de 43.2 segundos a una temperatura de 25 °C. Las muestras se analizaron en un intervalo en 2 θ de 5°-70°, utilizando 0.5 g.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se identificaron 62 cafeterías generadoras de RSU de las 64 reportadas en el sitio web oficial de la franquicia; 5 de estas ya no ofrecen servicio. El 77% de ellas separa el bagazo y sólo el 44% separa los envases multicapas; el 11% de bagazo separado es utilizado para composta, mientras que el 37% de los envases es reciclado por agentes externos, el resto es destinado al camión de la basura. En total se desechan alrededor de 57 toneladas de bagazo de café al año y 166 toneladas de envases multicapa [1], estas cifras son preocupantes y merecen atención. Es por eso que se propone la elaboración de materiales a partir de estos residuos.

3.1. El material compuesto

Cada muestra fue evaluada al tacto y de manera visual, el material compuesto que presentó mejor textura, consistencia, apariencia y flexibilidad (Figura 1) es en el que se utilizó etilenglicol como plastificante obteniéndose un rendimiento en peso de 83.2%. El material podría utilizarse como portavasos de bebidas calientes, pues al poner en contacto con un vaso con agua a ebullición la temperatura de la superficie exterior es menor que 20 °C. La composición ideal para la formación

del material compuesto fue: bagazo de café: 0.8 g; celulosa de envases multicapa: 0.25 g; almidón: 0.3 g y etilenglicol 0.16 g. Esta muestra se caracterizó mediante las técnicas mencionadas con anterioridad.



Figura 1. Material compuesto. El vaso contiene agua a ebullición.

3.2. Espectroscopía de infrarrojo

La Figura 2 muestra el espectro de infrarrojo del material compuesto. Se observa una banda de absorción en 3334 cm^{-1} que corresponde al estiramiento del enlace O-H característico de la celulosa y la hemicelulosa [2]. Las bandas que aparecen en 2922 cm^{-1} y 1860 cm^{-1} son asignadas a las vibraciones del enlace C-H correspondiente al anillo alifático de la lignina [3]. Las bandas presentes en 1413 cm^{-1} y 1240 cm^{-1} son representativas del enlace -C-HO y C-C de la estructura de la celulosa, respectivamente [4]. La banda de absorción en 1069 cm^{-1} es propia del enlace C-O. Se observan bandas de absorción en 1640 cm^{-1} correspondientes al agua ocluida [5].

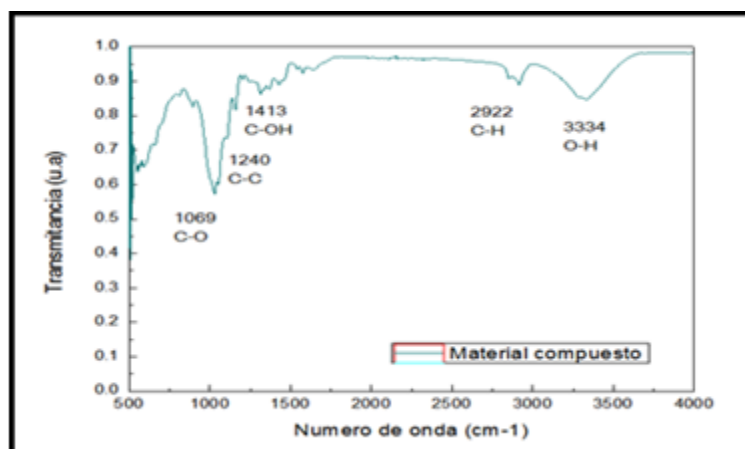


Figura 2. Espectro de infrarrojo del material compuesto.

3.3. Microscopía óptica

En la Figura 3 se muestran las imágenes del material compuesto, en la imagen a) se puede observar la incorporación del material obtenido del bagazo de café en la fibra de celulosa recuperada. En la b) se aprecia que las fibras se entrelazan en torno al material del café, indicando un buen amarre entre las fibras y el almidón, característica muy importante en el material. El tamaño de las partículas de café oscila entre 400 y 500 micrómetros.

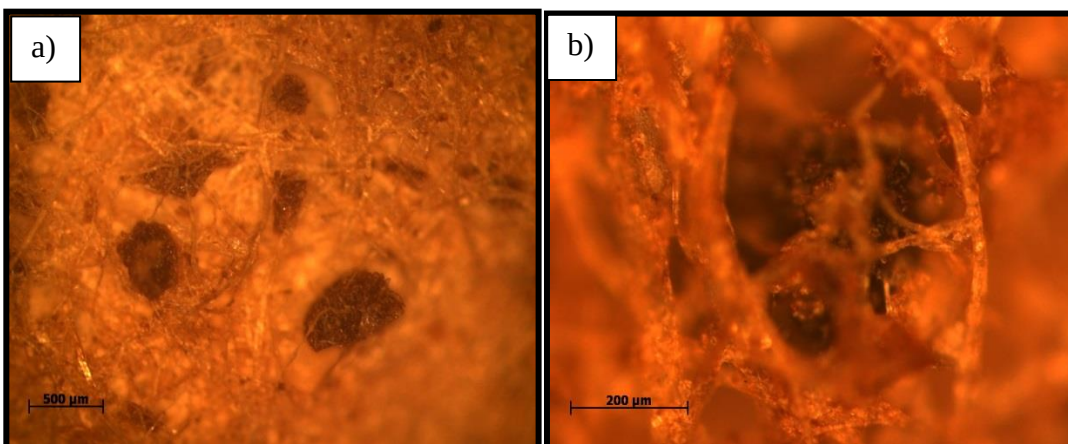


Figura 3. Imágenes del material compuesto con diferentes aumentos.

3.4. Microscopía electrónica de barrido

La Figura 4 corresponde a la micrografía del material compuesto, se observa su superficie y la distribución del bagazo de café en las fibrillas de celulosa y almidón. Se puede apreciar que sobre las fibras de celulosa recuperadas se encuentra situado el almidón. En b) se muestra como el material de café se encuentra embebido en la matriz de la celulosa (indicado en los círculos rojos). En sitios muy localizados puede apreciarse el “amarre” entre ambos materiales, favorecidos por el plastificante. Puede notarse la porosidad que presenta el bagazo de café.

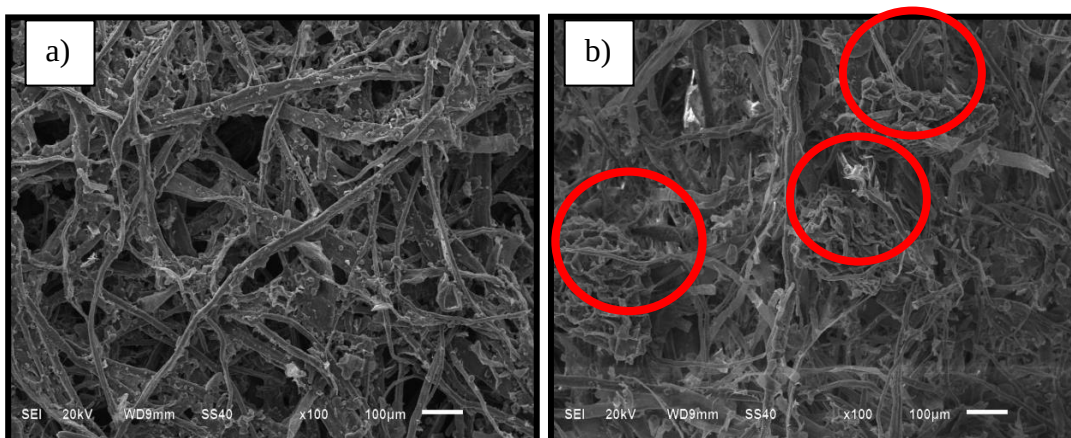


Figura 4. Bagazo de café embebido en las fibras de celulosa.

3.5. Difracción de rayos X

La Figura 5 muestra el difractograma del material compuesto. Se observan los picos característicos de la celulosa. Las señales de difracción en los ángulos 23° y 20° corresponden a la fase cristalina de la celulosa beta con fórmula química $C_6H_{10}O_5$, estas reflexiones concuerdan con la ficha técnica 00-056-1718 de la base de datos. Se observan picos en 16° y 21.5° correspondientes a la celulosa alfa con fórmula química $C_6H_{10}O_5$ los cuales concuerdan con la ficha técnica 00-056-1718 de la misma base de datos. De la misma manera se identifica la presencia de almidón con picos característicos en 15.5° , 17.5° y 23° los cuales se traslapan con las reflexiones de la celulosa. Los datos del almidón corresponden a la ficha técnica 00-039-191 de la base de datos del difractómetro. No se identificaron reflexiones adicionales por lo que se confirma que no hay formación de nuevas especies, por lo tanto la estructura se conserva [3-4].

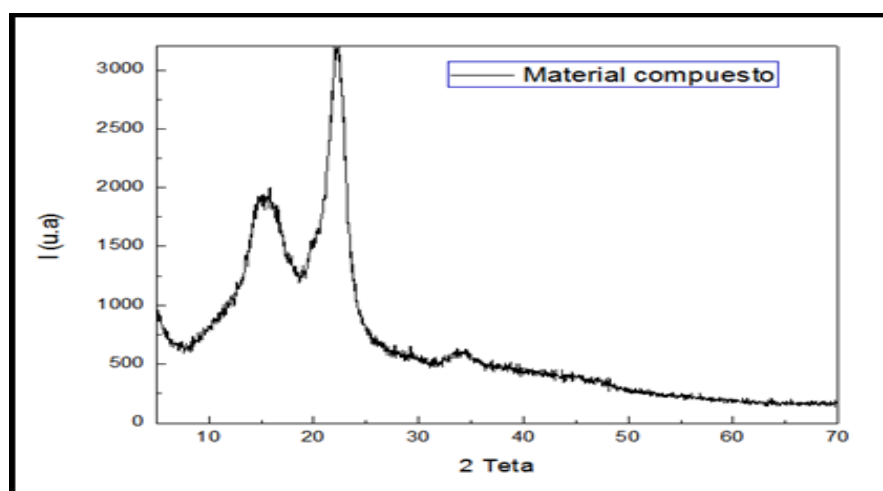


Figura 5. Difractograma del material compuesto.

4. CONCLUSIONES

Las 57 cafeterías identificadas generan 166.95 Ton/año de envases multicapa y 57.67 Ton/año de bagazo de café. Se obtuvo un material compuesto a base de celulosa recuperada de envases multicapa y bagazo de café. La composición ideal para la formación del material compuesto fue: bagazo de café: 0.8 g; celulosa de envases: 0.25 g; almidón: 0.3 g y etilenglicol 0.16 g. El material que presentó mejor textura, apariencia, flexibilidad y consistencia fue el material elaborado con etilenglicol y tuvo un rendimiento de 83.2%. Se comprobó la conservación de la composición química en el material compuesto respecto de los materiales de partida. La celulosa hallada en el bagazo de café está en las fases alfa y beta. Las partículas de bagazo de café se encuentran embebidas en las fibras de celulosa recuperada de los envases. Finalmente, este material podría utilizarse como portavasos de bebidas calientes.



AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente apoyado por PRODEP y VIEP-BUAP México.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Miranda Pérez, V. (2014). Elaboración y caracterización de un material compuesto a partir de residuos sólidos urbanos. Tesis de licenciatura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- [2] Espitia, M. (2010). Aislamiento de nanofibras de celulosa a partir de residuos agroindustriales de fique y caña de azúcar, con potencial aplicación en reforzamiento de polímeros termoplásticos. *Magister en Ciencias-Químicas*, Universidad de Colombia.
- [3] Nakanishi, K. (1976). *Espectroscopia IR*. New york, Estados Unidos de América: Holden Day.
- [4] Ruiz, G. (2006). Obtención y caracterización de un polímero biodegradable. *Ingeniería y ciencia* 2(4), 5-28.
- [5] Morán, J. (2008). Extracción de celulosa y obtención a partir de fibra sisal- caracterización. División de polímeros- INTEMA. (pp6). Mar de plata Argentina.
- [6] León, V., Rieumont, J., Bordallo, E., Dopico, D., Peña, E., Menéndez, I. (2013). Obtención y caracterización de la celulosa hidrofóbicamente modificada. *SOBRE LOS DERIVADOS DE LA CAÑA DE AZUCAR*. 47 (1), 51-56.

[Indice](#)



Producción de abono orgánico a partir de Lodos Estabilizados provenientes de la Planta Piloto de Tratamiento de Aguas Residuales (PPTAR) UAM-A

Daniel Echavarria Acosta, ¹ Margarita Beltrán Villavicencio, Juan Carlos Alvarez Zeferino

Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Azcapotzalco. Av. San Pablo 180 Col. Reynosa Tamaulipas. Delegación Azcapotzalco.

Distrito Federal. México. C.P. 02220. Tel. 044 55 44 67 74 16. mrsoze@hotmail.com

RESUMEN

La Planta Piloto de Tratamiento de Aguas Residuales (PPTAR) de la UAM-A, se encarga de tratar una fracción de las aguas residuales para producir agua de riego. El proceso genera lodos, los cuales son tratados mediante estabilización alcalina. Sin embargo, la disposición final de los biosólidos es una problemática, ya que no pueden ser almacenados, ni aprovechados. El presente estudio evaluó el lombricomposteo de los biosólidos estabilizados en la PPTAR para obtener abono orgánico. Primero se comprobó la tolerancia de las lombrices a la presencia del biosólido, por lo que se realizó una mezcla con residuos de hojarasca y composta para disminuir el pH de 12 y garantizar la sobrevivencia de las mismas. Se probaron 3 relaciones de residuos-biosólidos 8:1, 4:1, 3:1, se obtuvieron índices de sobrevivencia de las lombrices de 86.67%, 66.67% y 26.67%, respectivamente. Para la etapa final de lombricomposteo por 9 semanas, se eligió la relación 8:1, el producto final se caracterizó y comparó con la NMX-FF-109-SCFI-2007, los resultados muestran un producto con pH de 9.18, humedad de 51.27%, materia orgánica de 55.16%, relación C/N de 25.30, nitrógeno total de 1.26% y densidad aparente de 0.44 g/mL, los primeros cuatro parámetros no cumplen con la norma, lo que indica la falta de madurez del producto. Presentó un color café oscuro y un olor a tierra húmeda, de acuerdo con la norma. Además se realizaron pruebas de fitotoxicidad, que mostraron que el producto no es tóxico, con un índice de germinación de 167.2, según la NADF-020-AMB-2011.

Palabras clave: Biosólidos, Lombrices, Lombricomposteo, Toxicidad.

1. INTRODUCCIÓN

La UAM Azcapotzalco cuenta con una Planta Piloto de Tratamiento de Aguas Residuales (PPTAR), para brindarle tratamiento a una fracción del agua residual generada dentro de sus instalaciones y una vez tratada se destina para el riego de áreas verdes, además de que la instalación tiene fines docentes y experimentales. El tren de tratamiento básico de la planta consta de pretratamiento, coagulación-floculación, sedimentación, filtración y desinfección. Este proceso, como es normal, genera lodos que por sus características requieren ser tratados para cumplir con lo estipulado en la NOM-004-SEMARNAT-2003 [1].

Con este fin, dentro de la PPTAR, los lodos residuales son sometidos a un proceso de estabilización alcalina donde se reduce en su totalidad el contenido de coliformes totales, fecales y microorganismos patógenos como *Salmonella spp*, además, disminuyen los malos olores y la atracción de vectores. Por otro lado, la cantidad de materia orgánica, así como nutrientes (P, K), contenidos en los lodos tratados indican que es posible utilizarlo como mejorador de suelos por medio del composteo u otro método [2]. El composteo y el lombricomposteo pueden ser mejorados, adicionando nutrientes específicos que favorezcan la actividad microbiana deseable (bioestimulación) o mediante la inoculación de microorganismos (bioaugmentación). Combinando ambos procesos o empleándolos por separado se puede obtener un mayor control del proceso, una mayor velocidad de degradación y generar productos de mayor calidad [3].



2. METODOLOGÍA

El proyecto se realizó dentro de las instalaciones de la UAM Azcapotzalco, las pruebas fisicoquímicas se realizaron en el Laboratorio de Tecnologías Sustentables y el proceso de lombricomposteo se realizó en un invernadero.

2.1 Caracterización de los biosólidos

Los biosólidos fueron proporcionados por la PPTAR, y se caracterizaron para determinar el pH y el contenido de humedad, de acuerdo a la NMX-FF-109-SCFI-2007.

2.2 Establecimiento de la relación composta madura/biosólidos

Para determinar la relación biosólido-residuos apta para la sobrevivencia, adaptación, y desarrollo de las lombrices se montaron, en el invernadero del edificio W, se colocaron tres pilas en cajas de plástico (por duplicado), con relaciones de residuos-biosólidos 3:1, 4:1, y 8:1, agregándoles a cada caja 15 lombrices. Por cuatro semanas se monitoreó la temperatura del invernadero y se controló el contenido de humedad en las pilas de lombricomposta. Las lombrices se contabilizaron al inicio y final de la prueba.

2.3 Realización de un composteo previo

Para reducir el pH de los biosólidos y facilitar el proceso, los residuos se precompostearon por un periodo de 10 semanas, se montó una pila con la proporción de residuos biosólidos de 8:1, debido a que esta relación resultó ser la más apropiada para la sobrevivencia de las lombrices. Los residuos utilizados correspondieron a 5 partes de hojarasca y 3 de composta madura, esta última con la finalidad de favorecer la bioestimulación. Se caracterizó una muestra inicial y final de la composta con los parámetros de pH, humedad y relación C/N, durante el tiempo de experimentación se monitoreó la temperatura y el contenido de humedad.

2.4 Montaje del proceso de lombricomposteo

Después del precomposteo, se adecuó el área para montar la lombricomposta. En una caja de plástico se colocó composta de los biosólidos y se agregaron 25 lombrices (*E. fétida*) para iniciar el proceso de lombricomposteo, al finalizar el proceso se contabilizaron las lombrices vivas, así como los huevecillos. Por un periodo de 9 semanas se controló el contenido de humedad y se contabilizaron las lombrices.

2.5 Caracterización final

Al final del lombricomposteo se caracterizó el producto final, determinándose los siguientes parámetros: pH, contenido de humedad, cenizas, materia orgánica, carbono orgánico, nitrógeno total, relación C/N y densidad aparente [4], además de realizarse una prueba de fitotoxicidad [5].

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los resultados obtenidos durante las fases experimentales del proyecto, así como el comportamiento de los parámetros monitoreados durante los procesos de composteo previo y lombricomposteo.



3.1 Caracterización de los biosólidos

Los biosólidos presentaron la siguiente caracterización: contenido de humedad $77.59 \pm 5.75\%$, materia orgánica $21.59 \pm 7.19\%$, carbono orgánico $12.52 \pm 4.17\%$, nitrógeno total 1.36 ± 0.10 , relación C/N 9.21 y pH 11.11 ± 0.32 .

El contenido de humedad fue conveniente para la sobrevivencia del tipo de lombriz, *E. fétida*, que se utilizó para el proyecto. La relación C/N no limita la capacidad de las lombrices para la degradación de los biosólidos, sin embargo se recomienda una relación C/N entre 20 y 30 [6].

El factor limitante para el lombricomposteo fue el pH elevado, ya que un pH mayor a 9 puede resultar letal para las lombrices [7], los biosólidos presentaron un pH de 11.11, por lo que se realizó un composteo previo antes de agregarle las lombrices para reducir el pH.

3.2 Relación residuos/biosólidos

Después de 30 días se obtuvieron los siguientes índices de sobrevivencia para las tres relaciones de residuos-biosólidos propuestas para el proyecto: para la relación 3:1, de 26.67%, con un pH de 9.86 ± 0.12 ; la relación 4:1, de 66.67% y un pH de 9.82 ± 0.56 ; finalmente la relación de 8:1, de 86.67%, con un pH de 9.13 ± 0.21 . Lo cual indica que esta última es la apropiada para realizar el lombricomposteo. La temperatura del invernadero, durante la prueba, osciló entre los 17 y los 24 °C, las lombrices pueden sobrevivir dentro de este intervalo sin ningún problema.

3.3 Caracterización inicial de la composta previo al lombricomposteo

La composta, compuesta de biosólidos, residuos de hojarasca y composta madura presentó la caracterización siguiente: pH de 10.04 ± 0.23 , contenido de humedad de $72.50 \pm 8.31\%$, materia orgánica de $68.45 \pm 2.56\%$, nitrógeno total de $0.92 \pm 0.19\%$ y relación C/N de 42.95.

El pH siguió siendo superior al que se requiere para la adaptación y sobrevivencia de las lombrices. La adición de hojarasca y composta madura aumentó el contenido de materia orgánica, provocando que la relación C/N fuera de 42.95. Relaciones C/N por encima de 40, generan un proceso más lento [8].

3.4 Monitoreo del proceso de composteo previo

El comportamiento de la temperatura durante el proceso de composteo puede observarse en la figura 1, al segundo día del proceso ya se habían alcanzado 59 °C y en la composta se observó la presencia de vapor de agua. Al día 21 se obtuvo la temperatura máxima de 65 °C. Después de los 38 días la temperatura comenzó a descender, signo de que se estaba estabilizando.

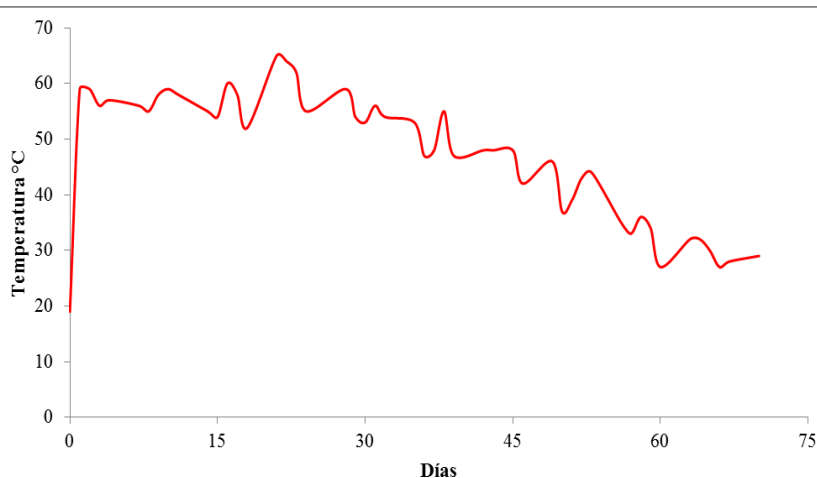


Figura 1. Evolución de la temperatura durante el proceso de composteo

Las temperaturas superiores a 55 °C, indican que durante el proceso se eliminaron patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas [9].

3.5 Caracterización final de la composta previo al lombricomposteo

Se caracterizó el producto para establecer si era posible iniciar el lombricomposteo, la caracterización fue: pH de 9.26 ± 0.05 , contenido de humedad de $66.73 \pm 6.66\%$, materia orgánica de $71.91 \pm 3.02\%$, nitrógeno total de 0.64 ± 0.08 , y relación C/N de 64.90.

EL pH tuvo una reducción con respecto al pH inicial, por lo que se decidió iniciar el proceso de lombricomposteo, ya que en la prueba de sobrevivencia de las lombrices, éstas lograron sobrevivir en un medio con un pH entre 9.13 y 9.86.

3.6 Resultados del lombricomposteo

Después de realizar el lombricomposteo, se caracterizó el producto final y se contabilizó la población de lombrices después de las nueve semanas que duró el proceso (Tabla 1).

Tabla 9. Características antes y después del lombricomposteo

Parámetro	Inicial	Final
pH	9.26 ± 0.05	9.18 ± 0.03
Humedad (%)	66.73 ± 6.66	51.27 ± 4.33
Materia orgánica (%)	71.91 ± 3.02	55.16 ± 2.98
Nitrógeno total (%)	0.64 ± 0.08	1.26 ± 0.17
Relación C/N	64.90	25.30
Lombrices	25	43



El pH de la lombricomposta se redujo de 9.26 a 9.18, en el lapso de 9 semanas, a pesar de ser un pH básico las lombrices sobrevivieron y se reprodujeron.

La relación C/N, disminuyó aproximadamente 62 % con respecto a la inicial, lo cual indica un proceso de lombricomposteo eficiente.

La población de lombrices, sin contabilizar huevecillos, aumento 72% con respecto a la población inicial, pasando de 25 a 42. Lo anterior indica que a pesar de las condiciones básicas del medio, las lombrices no sólo pueden sobrevivir, sino también reproducirse.

3.7 Comparación del humus de lombriz con los establecidos en la NMX-FF-109-SCFI-2007

Los datos concernientes a la caracterización final del humus de lombriz y a los requerimientos solicitados en la NMX-FF-109-SCFI-2007, se muestran en la tabla 2.

Tabla 10. Comparativa entre el humus de lombriz y los requerimiento Solicitados en la NMX-FF-109-SCFI-2007

Parámetro	Producto final	NMX-FF-109-SCFI-2007
pH	9.18±0.03	5.5-8.5
Humedad (%)	51.27±4.33	20-40%
Materia orgánica (%)	55.16±2.98	20-50%
Nitrógeno total (%)	1.26±0.17	1.0-4.0
Relación C/N	25.30	≤20
Color	Café oscuro	Café oscuro
Olor	Tierra húmeda sin olores pestilentes	Tierra húmeda sin olores pestilentes
Densidad aparente (g mL ⁻¹)	0.44	0.40-0.90

El pH del producto final es superior al establecido por la norma, a pesar de la adición de hojarasca y composta madura, del composteo previo y del lombricomposteo, debido a la naturaleza alcalina de los biosólidos. La humedad es superior a la establecida en la norma, sin embargo el producto puede secarse térmica o mecánicamente para adecuarse a lo óptimo.

La materia orgánica se encontró en 5.16% por encima de lo establecido en la norma, lo que implica que el tiempo que duró el proceso o la cantidad de lombrices son insuficientes para la degradación de la materia orgánica. También puede significar que algunos de los materiales que componen la lombricomposta son de difícil degradación. El porcentaje de nitrógeno total el producto final se encuentra dentro de lo establecido en la norma. La relación C/N sirve como un indicador de la madurez del producto final, el valor obtenido de 25.30 indica que se requiere más tiempo para que el proceso finalice correctamente.

La densidad aparente fue de 0.44 g/mL, dentro de los límites establecidos en la norma de humus de lombriz, este parámetro resulta importante porque al utilizarse como un mejorador de suelos una densidad aparente baja favorece la textura de un suelo, generando una buena aireación y la capacidad de infiltración del agua. El color y el olor del producto corresponden a los requeridos en la norma.

Las determinaciones microbiológicas no fueron parte de los objetivos de este proyecto pero se tomaron como referencia los valores presentados en la caracterización de los lodos en las PPTAR [2]. En dicho trabajo no se detectó la presencia de huevos de helminto, ni de *Salmonella* spp., los materiales de trabajo no estuvieron expuestos a estos agentes patógenos, y además durante el proceso de composteo previo la pila de composta



alcanzó temperaturas de 60 °C, por lo que en caso de estar presentes hubieran sido inhibidos. Según la NMX-FF-109-SCFI-2007, la calidad del producto fue de “segunda”.

3.8 Pruebas de fitotoxicidad

Las pruebas de fitotoxicidad son un indicador del potencial de la lombricomposta para actuar como abono orgánico, al permitir el crecimiento de vegetales, en este caso se usó lechuga [5]. El producto final obtuvo un índice de sobrevivencia de 167.2. Valores por encima de 100 se consideran aceptables.

4. CONCLUSIONES

La relación residuos-biosólidos de 8:1 resultó ser la más conveniente con el índice de sobrevivencia de lombrices más alto de 86.67%. Los resultados mostraron que el producto final no cumple con todos los parámetros establecidos en la NMX-FF-109-SCFI-2007, lo que clasificó al producto como de “segunda”, sin embargo se logró una reducción significativa del pH inicial de los biosólidos, pasando de 11.11 a 9.18. Esto es relevante dado que el pH alcalino de los biosólidos es el factor limitante para su aprovechamiento como abono orgánico.

Las pruebas de fitotoxicidad mostraron que el humus de lombriz no tiene efectos negativos en la germinación de las plantas, cualidad indispensable para un abono orgánico.

El lombricomposteo de biosólidos es una opción viable para el aprovechamiento de los biosólidos como abono orgánico, se recomienda la mezcla con otro tipo de residuos con bajos niveles de pH, como residuos de café, o cítricos. El tiempo establecido para el proceso de lombricomposteo fue insuficiente por lo que se recomienda experimentar en un periodo más prolongado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] González A. A., Beltrán V. M., Pérez A. A. O., Medina T. L. (2008). *Operación de la Planta de Tratamiento de Agua de la UAM-A. Antecedentes y Perspectivas*. 9° Foro de Ingeniería Ambiental: Universidad Autónoma Metropolitana –Azcapotzalco. Distrito Federal
- [2] Beltrán V. M., González A. A., Villegas, R. R., Pérez, A.A. O., Medina T. L. (2010). *Evaluación del proceso de estabilización-deshidratación de los lodos de la Planta Piloto de Tratamiento de Aguas Residuales de la UAM-A*. Encuentro Nacional de Expertos en Residuos Sólidos. Universidad Autónoma Metropolitana. Distrito Federal.
- [3] Moreno C. J., Mormeneo B. S. (2008). *Microbiología y bioquímica del proceso de compostaje*. En Moreno Casco, J., Moral Herrero, R. (Editores) *Compostaje*. 1. Mundi-Prensa. España. pp 136-137
- [4] Diario Oficial de la Federación (2008) NMX-FF-109-SCFI-2007. *Humus de lombriz (lombricomposta). Especificaciones y métodos de prueba*. México.
- [5] Gaceta Oficial del Distrito Federal (2012) NADF-020-AMBT-2011. *Requerimientos mínimos para la producción de composta a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, agrícolas, pecuarios y forestales. Especificaciones y métodos de prueba*. México.
- [6] Nogales V. M. R., Domínguez M. J., Mato I. S. (2008). *Vermicompostaje*. En Moreno Casco, J., Moral Herrero, R. (Editores) *Compostaje*. 1, Mundi-Prensa. España. pp 195.
- [7] Edwards. A. (1988). *Breakdown of animal vegetable and industrial organic wastes by earthworms*, En Edwards, A. Neuhauser, F. (Editores). *Earthworms in waste and environment management*. SPB Academic publishing BV. Netherland. pp 21-31
- [8] Bueno M. P., Díaz B. J. M., Cabrera C. F. (2008). *Factores que afectan e proceso de compostaje*. En Moreno Casco, J., Moral Herrero, R. (Editores) *Compostaje*. 1. Mundi-Prensa. España. pp 101-102
- [9] Dibut A.B. (2009). *Biofertilizantes como insumos en agricultura sostenible*. 1. Editorial Universitaria. Cuba. pp 80

[Índice](#)



Prototipo de Deshidratador Solar elaborado con Material de Reuso

¹Dora A. Hernández, ²Viridiana A. Gracia, ²Jorge A. Joa, ²Christian R. Silva, ²Francisca Sánchez, ²Cesar D. Corrales, ¹José Gpe. Melero.

¹Profesores tiempo completo. Instituto Tecnológico de Mexicali. Av. Tecnológico s/n, Col. Elías Calles, CP 21376, Mexicali, Baja California, México. Tel: (686) 5804949. dorahmelero@gmail.com, ²Estudiantes Instituto Tecnológico de Mexicali.

RESUMEN

La producción agroalimentaria es una actividad humana que beneficia a toda la población por ser una necesidad primaria. En el ámbito agrícola, los alimentos destinados al consumo humano son de gran importancia, no obstante, las pérdidas que se generan en frutas y verduras en la post-cosecha resultan perjudiciales en los ingresos que se obtienen de esta actividad. Una alternativa útil, sustentable y de bajo costo, para minimizar las pérdidas post-cosecha, es la elaboración de un deshidratador solar. Este proyecto tuvo como objetivo la elaboración de un prototipo de secador solar con material de reuso, tal que cumpla con dos objetivos básicos; uno el reusar material para su construcción y el otro deshidratar frutas y verduras para evitar la proliferación de microorganismos o reacciones químicas que las deterioren. El colector y la cámara de secado que contiene el deshidratador, son primordiales para su funcionamiento y sus principales características son el permitir la conservación de frutas y verduras, logrando una deshidratación sin perder su valor nutritivo original y la eliminación de humedad para evitar el crecimiento de hongos, moho y bacterias. El bajo costo del prototipo y el costo al que se comercializan las frutas y verduras deshidratadas, permiten tener un prototipo que ahorre y use energía limpia.

Palabras Clave: Producción agroalimentaria, Alimentos, Colector, Deshidratador solar, Prototipo.

1. INTRODUCCIÓN

Los alimentos destinados al consumo humano son de gran importancia en el ámbito agrícola, no obstante, las pérdidas generadas post-cosecha de frutas y verduras resultan económicamente perjudiciales en los ingresos obtenidos a partir de ellos. En la actualidad, existen métodos para que los productos derivados de las cosechas no se pierdan por descomposición, estos se pueden llevar a cabo tanto por calor (pasterización o esterilización) o por frío (refrigeración o congelación), así pues, la mayor parte de lo que consumimos o bebemos tiene desde algunos días, hasta meses, inclusive años, sin que cause un deterioro en la salud de los que consumen estos alimentos conservados.

Un deshidratador ó secador solar es una alternativa útil y sustentable (ayuda a la sociedad, al medio ambiente y a la economía) para disminuir estas pérdidas, sin la necesidad de invertir un elevado presupuesto en él.

Un secador solar contiene un colector y una cámara de secado, los cuáles son elementos primordiales para su funcionamiento; puede ser de tipo directo (el colector y la cámara de secado se juntan), indirecto (el colector y la cámara de secado están separadas) o mixto (la radiación se realiza tanto en el colector como en la cámara de secado)[1]. La circulación de aire se logra por dos tipos, circulación forzada y por convección natural; de igual manera su forma de operación puede ser en tandas o secado continuo. Su capacidad de producción se define en relación al peso del producto fresco total que se alimenta para ser secado.

2. METODOLOGÍA

Los elementos básicos de un deshidratador solar son el colector, donde el aire es calentado y la cámara de secado, donde el producto es deshidratado por el aire caliente que pasa por él. La circulación del aire dentro del prototipo generada por



convección natural, elimina la humedad que el producto evapora. Las ventajas del secador solar mixto son, en primer lugar: el control del proceso es más simple, es fácil de integrar una fuente auxiliar de energía para construir un sistema híbrido, además el tener una cámara de secado separada de los colectores, facilita la manipulación del producto y las labores de carga y descarga [2]. Dado que la cámara no permite la entrada de la radiación solar, este sistema permite secar en forma conveniente productos que se puedan dañar o perder su calidad o aspecto por una exposición directa al sol. Las dos formas para operar un deshidratador son:

2.1 secado en turnos

En esta forma, el producto se coloca una sola vez y se retira hasta que se seque por completo, el producto se seca en forma paulatina, esto permite que el cargar el producto sea sencillo, sin riesgos de quemaduras, este proceso es mas favorecido en deshidratadores pequeños y-o medianos, por lo que es recomendable su uso en casa, no tanto en un comercio.

2.2 secado en forma continua

Esto es que el producto se va cargando y descargando en partes, por lo que en el mismo deshidratador se encuentra una parte húmeda (recién colocada) y una parte casi seca, depende de diseño el que este sea cargado y descargado por lo que es más recomendable usar convección forzada.

2.3 material y equipo

Para la construcción del prototipo de deshidratador solar empleando en su mayoría solo material de reuso, incluyendo el vidrio, se utilizaron los siguientes materiales y equipo:

- tablas y madera de muebles usados (tales como cocinas integrales, cajones, entre otros)
- partes de mallas que se desechan en las construcciones
- barrotes de madera sobrantes de construcción
- plástico negro que se usa en las construcciones
- hule transparente (regalo de una mamá) o si esta disponible vidrio
- clavos (reusados y compadrados)
- vidrio (comprado, solo si no hay donadores)
- pintura negra (regalada por el Dpto. servicios generales de la Institución)
- martillo
- brocha
- agradecimientos y sonrisas a los donadores.

2.4 Construcción del prototipo

En la figura 1 se muestran la forma de construcción del deshidratador con los materiales de reuso, los recursos usados en materiales y equipo son fáciles de conseguir y sencillos de manejar.



Figura 1. Inicio de construcción del prototipo

En la figura 2 se muestra como se lleva a cabo el corte y unión de los materiales de reuso



Figura 2. Corte y unión del material de reuso

En la figura 3 se muestra el prototipo terminado, en una exposición realizada en la Institución, se observa pintado y con el hule colocado en la cámara inferior donde se genera el calor necesario para que fluya hacia la cámara superior donde es colocado el producto en la malla como se puede observar en al figura 4. Además, se puede observar en esta misma figura, que los contenedores están hechos de la malla y madera reusados.



Figura 3. Prototipo mostrado en una exposición



Figura 4. Producto secándose en los contenedores de malla

2.5 Secador-prototipo para deshidratado de frutas

El diseño elaborado en este trabajo es de tipo mixto, donde la colección de radiación se efectúa tanto en la cámara de secado como en el colector solar, permitiendo el control del proceso de forma sencilla. Las características de un secador solar son:

- Permitir la conservación de frutas y verduras.
- La deshidratación, con un contenido de su valor nutritivo original.
- Eliminación de humedad elevada para evitar el crecimiento de hongos, moho y bacterias.



- Mantener una temperatura adecuada para impedir el deterioro ó el tiempo de vida de los productos.

2.5 Proceso de secado ó deshidratación

El proceso de secado se realiza de acuerdo al tiempo que el producto necesita, se consideran tres periodos:

1. El calentamiento inicial del producto. La velocidad de secado en función del tiempo aumenta.
2. La velocidad de secado permanece constante y es independiente del sólido.
3. La velocidad del secado decrece a medida que se va perdiendo humedad.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los productos que se usaron, tanto para las pruebas como para la exposición fueron frutas tales como manzanas, platanos y naranjas. Aunque el tiempo de deshidratación varía con respecto a la fruta usada, el proceso se llevó a cabo en un lapso de cuatro horas. Se colocó el prototipo a las 9 am con una temperatura ambiente de 29 grados centígrados y se extrajo del deshidratador a las 14 hrs (con una temperatura ambiente de 45 grados centígrados). Todos los productos obtenidos estaban lo suficientemente deshidratados, de buen aspecto y de muy buen sabor, como lo pudieron constatar alumnos y catedráticos de la Institución.

Los contenedores usados para colocar las frutas deben estar bien lavados, además de que no deben estar completamente llenos para no obstruir el flujo de aire caliente que permita secar el producto.

El costo de construcción del prototipo es muy bajo, se puede elaborar en un espacio reducido y el material usado es muy fácil de conseguir [3].

4. CONCLUSIONES

Los beneficios que se obtienen al usar un deshidratador solar, son:

1. Permite la conservación y consumo mucho tiempo después de productos post-cosecha.
2. Es posible dejar el producto secándose sin supervisión (por ejemplo, dejar el producto antes de ir a trabajar y al regreso solamente extraerlo).
3. Permite trasladarlos sin complicaciones (por estar secos y más livianos).
4. Son muy útiles para reducir pérdidas en comercios, tales como fruterías.
5. Permite a los particulares tener frutas secas a muy bajo costo o a comercios vender éstas a buen precio (las frutas secas, normalmente tienen un costo elevado).
6. El costo de operación y mantenimiento del deshidratador es prácticamente nulo.

Las desventajas encontradas son las siguientes:

1. La deshidratación solo es posible con una adecuada presencia de energía solar (la cual en Mexicali es prácticamente imposible que ésta no exista).
2. Dependiendo del lugar de exposición o del control inadecuado del prototipo (mal cerrado o con ranuras) existe la posibilidad de que se contaminen por la presencia de insectos voladores.
3. En lugares donde el clima puede cambiar drásticamente, es necesaria una supervisión constante.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Moreno G. s/fecha. Manual de construcción y operación de una secadora solar. Seminario de Proyectos II. Consultado el 8 Mayo 2014 en: :
http://cbi.izt.uam.mx/iph/archivos_profesores/50/archivos/4f197.pdf
- [2] Fundación Celestina Pérez de Almada. 2005. Guía de uso de secadores solares para frutas, legumbres, hortalizas, plantas medicinales y carnes. Consultada el 15 de Mayo 2014 en: www.unesco.org.uy/educacion/fileadmin/templates/educacion/archivos/Guiasecaderosolar.pdf.
- [3] Escamilla J.C., González A., Barrón R., Eguiluz G, González M.Grupo Ciudadano. 2009. Construcción de un secador solar de frutas y verduras: una experiencia ciudadana. Grupo Ciudadano, Cuernavaca, Mor. Consultado el 21 Mayo 2014 en: http://labioguia.com/wp-content/uploads/2012/08/ReporteGCC_DS_final.pdf.

[Indice](#)



Efecto de la Escala en el Transporte de Contaminantes y Trazadores Conservativos a través del rechazo de una Planta de Tratamiento Mecánico-Biológico

¹Ancella Molleda Riaño, ²Nick Woodman, ²Anne Stringfellow, ¹Amaya Lobo García de Cortázar.

¹ Grupo de Ingeniería Ambiental, Dpto. Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente, E.T.S. Caminos, Canales y Puertos, Universidad de Cantabria, Avd. Los Castros s/n, 39005, Santander, Cantabria, España. e-mail: ancella.molleda@unican.es

² Dpto. de Ciencias e Ingeniería Civil, Marítima y de Medio Ambiente, Facultad de Ingeniería y Medio Ambiente, Universidad de Southampton

RESUMEN

Respondiendo por un lado a la necesidad de caracterizar el transporte de contaminantes y trazadores a través de los residuos sólidos urbanos y por otro a la necesidad de caracterizar el rechazo de las plantas de tratamiento mecánico biológico (TMB), que hoy en día es el principal componente de los residuos vertidos en España, se han llevado a cabo una serie de experimentos en columnas piloto en colaboración con la Universidad de Southampton. De este trabajo, en el presente estudio se recoge el análisis de las principales diferencias en el comportamiento de contaminantes y trazadores en dos tipos de columnas de diferente tamaño sometidas a un régimen hidráulico saturado con flujo ascendente sobre rechazos TMB. Tanto el tamaño de las columnas pequeñas como la metodología seguida en ambos casos están estandarizados y se ajustan a la norma europea CEN/TS 14405. El objetivo es conocer si las diferencias de escala en este tipo de experiencias afectan a los resultados y en qué medida. Para ello se determinaron y compararon parámetros como pH, conductividad, carbono orgánico total, nitrógeno, una amplia gama de metales y el Litio utilizado en los ensayos de trazadores. Los resultados muestran concentraciones de contaminantes en el lixiviado mayores que las de residuos convencionales antiguos y lavados eficaces de estos contaminantes a partir de relaciones L/S=1. En general, los efectos de escala influyen tanto en este ensayo, pues hay una mayor carga contaminante disponible para lixiviar en columna pequeña, como en el ensayo de trazadores donde el flujo cambia.

Palabras Clave: *Caracterización, Escalabilidad, Lavado de contaminantes, TMB*

1. INTRODUCCIÓN

En España, al igual que en otros países de Europa, se está imponiendo por normativa el tratamiento previo al vertido para los residuos urbanos. El sistema más extendido en España es el tratamiento mecánico-biológico (TMB). Este proceso genera diferentes corrientes de material reciclable, aprovechable energéticamente y aprovechable como fertilizante, y una corriente de material de rechazo en el proceso que es depositado en vertedero. Este material varía sus propiedades y su comportamiento en vertedero respecto al material sin tratar depositado hasta ahora. En el presente trabajo se describen los resultados de diferentes ensayos de lavado de contaminantes y trazadores realizados en las Universidades de Southampton y Cantabria sobre la corriente de rechazo, que contribuyen a aumentar la información sobre este tipo de material.

Además con este estudio se aportan datos sobre estos ensayos, importantes ya que el lavado del material aplicado en vertedero y su posterior tratamiento de forma controlada, podría reducir tiempo y costos de postratamiento.

Por último realizando los experimentos en columnas piloto de diferente tamaño, se pretenden conocer en qué medida afectan a los resultados las diferencias de escala.



2. METODOLOGÍA

A continuación se describen los dos tipos de ensayos que se han llevado a cabo en este trabajo. En los mismos se ha utilizado residuo de rechazo de la planta TMB de Meruelo (Cantabria, España) cuya caracterización detallada se recoge en [3].

2.1 Preparación de las columnas

Para realizar los experimentos se dispuso de columnas estancas de diámetro 8 y 20 cm y una altura de 22 y 80 cm respectivamente. Ambas se llenaron siguiendo el mismo procedimiento: añadiendo una capa de arena y un filtro en el fondo y la parte superior de las mismas y disponiendo en medio el residuo compactado con una pesa, con la diferencia de que el material depositado en la columna más grande fue directamente el muestreado y en la pequeña el material mayor de 8 cm fue cortado hasta conseguir tener ese valor como tamaño máximo, tal y como se recoge en la norma CEN/TS [1]. Una vez llenas las columnas se saturaron con agua ultrapura y se dejaron reposar unos tres días para establecer condiciones de equilibrio entre las diferentes alturas de la misma, el sistema se encontraba en equilibrio si la diferencia en el pH entre dos tiempos próximos era menor a 0.5 una vez el agua empezaba a circular por la columna.

2.2. Ensayo lavado de contaminantes

Consiste en un test de percolación de flujo ascendente siguiendo las especificaciones técnicas de la normativa CEN/TS [1], según esta normativa, se mantuvo un flujo que se acercaba a los 15cm/día a lo largo de la columna, tomándose muestras a las siguientes relaciones L/S = 0.1, 0.1, 0.3, 0.5, 1, 3, 5 y 10. En el ensayo estas relaciones no fueron exactas sino que se amoldaron a los horarios de apertura de los centros.

Para cada muestra de cada una de las columnas se determinaron a través de estándares de la norma UNE y una completa equipación: el pH, la conductividad, el carbono orgánico total, el nitrógeno total y metales (Cr, Fe, Zn, Ni, Pb, Cd, Na, Ca, Mg, Mn, K, Li).

2.3. Ensayo de trazadores

Para estos ensayos se utilizó una solución de bromuro de litio a una concentración de 20 mg Br/L. Una vez finalizado el ensayo de lavado de contaminantes, manteniendo la condición de saturación y un flujo ascendente similar, se hizo pasar por la columna la solución de bromuro de litio. Simultáneamente se fue midiendo la concentración de litio de las muestras que se iban tomando. La operación se repitió los días necesarios hasta que la concentración en la salida alcanzó el valor en la entrada. Entonces nuevamente se hizo pasar agua ultrapura por la columna y se continuó con la toma de muestras y la medida de la concentración de litio en la salida, hasta que esta fue próxima a cero. Está pendiente de medir la concentración del bromo en las muestras de la columna a escala intermedia para completar el ensayo.

3. RESULTADOS

3.1. Lavado de contaminantes

La conductividad, parámetro que representa una primera aproximación de la contaminación de un lixiviado, toma en el trabajo un valor inicial similar en ambas escalas y tiene una tendencia decreciente a medida que se hace pasar agua por la columna hasta reducirse a valores en torno a 1mS/cm. No ocurre lo mismo con el pH que aunque se mueve en rangos similares en los dos casos, en la escala pequeña crece con la relación L/S mientras que en la escala intermedia decrece (Figura 1). Además, tanto valores iniciales como finales de conductividad son similares a los que obtienen otros autores [2] - [5] en un ensayo de las mismas características sobre residuos municipales de 1999 excavados en el vertedero de Pitsea (Inglaterra). Esto no ocurre con los valores del pH, que toman en el material inglés valores más altos, indicativo de un grado de descomposición mayor.

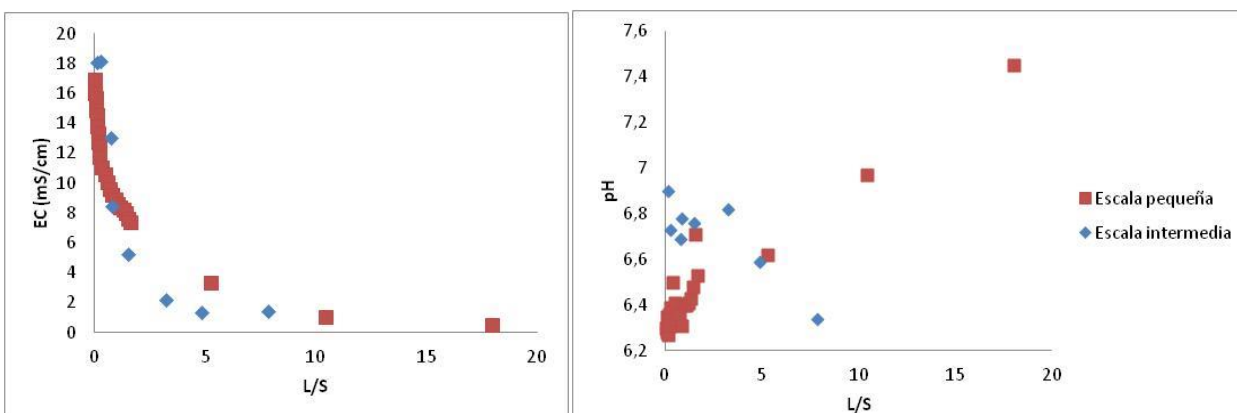


Figura 1. Evolución de la conductividad, EC, y del pH a medida que va pasando agua por las columnas.

La concentración de los metales, igual que en el caso de la conductividad, evoluciona hacia la concentración cero a medida que el agua va lavando la columna. Para casi todos los metales la concentración inicial en las columnas de escala intermedia es menor que en las de escala pequeña, por eso en muchos casos las muestras de las columnas más grandes alcanzan antes valores próximos a cero (Figura 2). Sin embargo en otros casos, aunque la concentración inicial en las columnas intermedias sea también menor, la concentración sigue la misma tendencia (Figura 3). Por último existen dos metales, Fe y Pb, cuya concentración sigue una tendencia diferente: en estos casos la concentración inicial es mayor en el caso de la columna de mayor tamaño y la evolución de la concentración de la columna menor no es clara (Figura 4). Por tanto la comparación de la concentración de metales lixiviada muestra en general diferentes rangos en la etapa inicial en función de la escala del experimento, siendo mayor la concentración inicial el caso de las columnas pequeñas, y valores próximos a cero al final del mismo, aproximadamente a partir de una relación L/S de 5 en todos los casos excepto en el del Fe y Pb. En gran parte de los contaminantes incluso para relaciones L/S=1, ya se encuentran reducciones importantes de la carga.

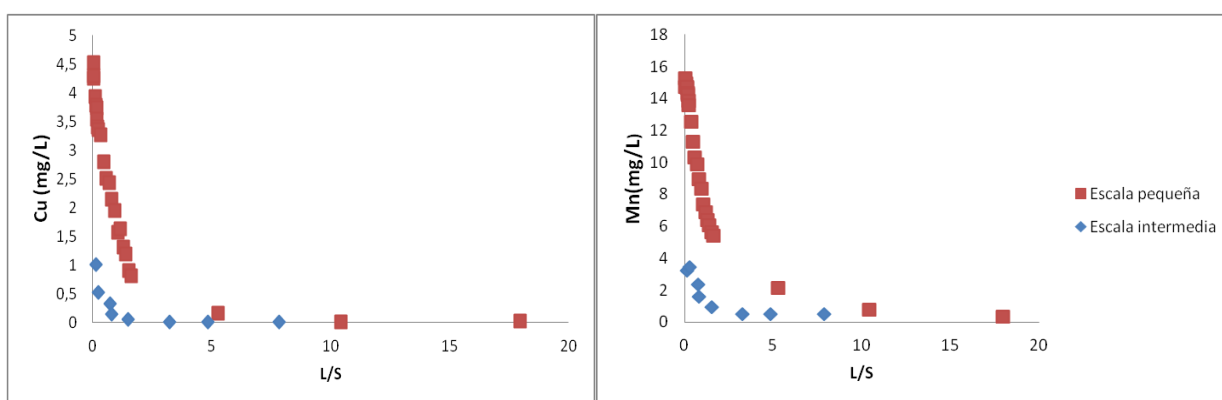


Figura 2. Evolución del Cu, y Mn a medida que va pasando agua por las columnas.

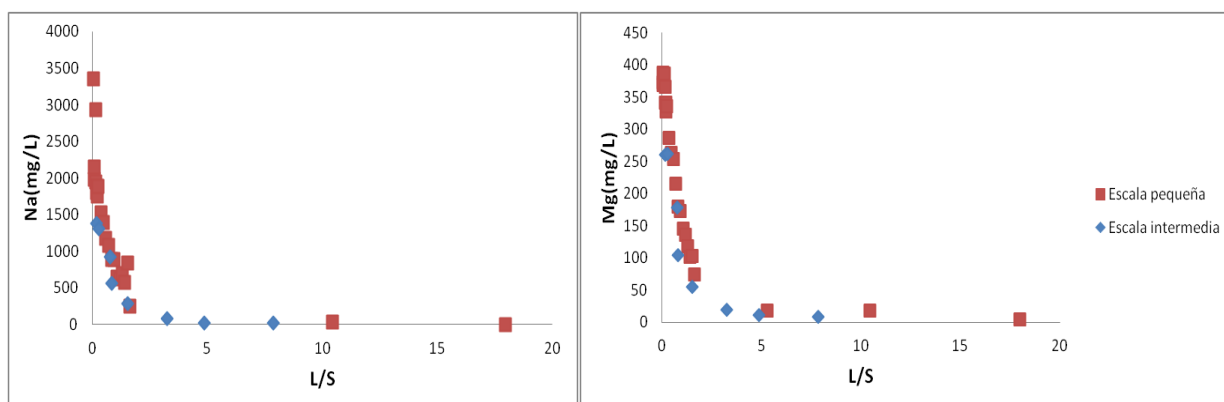


Figura 3. Evolución del Na y Mg a medida que va pasando agua por las columnas.

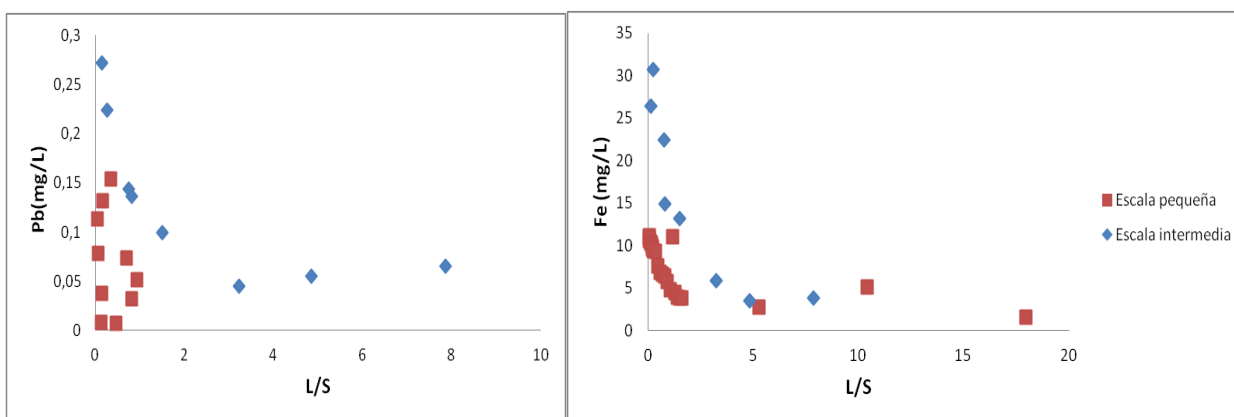


Figura 4. Evolución del Pb y Fe a medida que va pasando agua por las columnas.

Las concentraciones de carbono orgánico total y de nitrógeno total también disminuyen hasta tender a cero a partir de una relación L/S de aproximadamente 5 en ambos casos (Figura 5). Sucede además en el caso del carbono orgánico total (COT) lo mismo que en caso de los metales; mientras la escala intermedia parte de una concentración inicial de 7500 mg/L, la escala pequeña parte de una concentración de 11200 mg/L. Parece por tanto que en casi todos los casos existe una influencia del tamaño de residuo y de la existencia inicial de más finos en esta concentración inicial. No así en el caso del nitrógeno total (NT), cuyas concentraciones inicial y final y su evolución no están influidos por el tamaño de escala.

Señalar por último que el rango de concentraciones iniciales de los rechazos que en el caso del COT y el NT están por encima de las que muestran los estudios [5] para residuos antiguos. Esta situación no se da tan claramente en el caso de los metales.

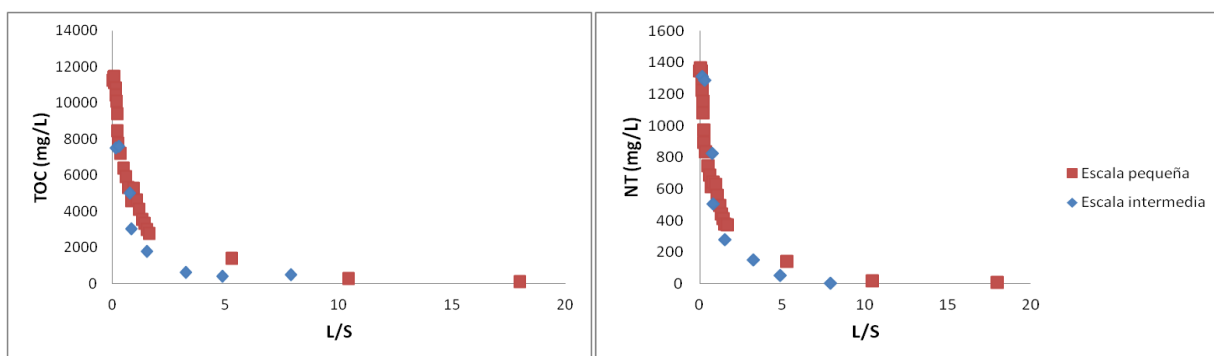


Figura 5. Evolución del COT y NT en el proceso de lavado de contaminantes.

3.2. Ensayo de trazadores

El ensayo de trazadores muestra como en términos de relación L/S, la columna intermedia alcanza la concentración de entrada a la salida y la concentración mínima al cambiar a agua para valores de L/S mucho menores (Figura 6). Por tanto el comportamiento del flujo en la columna mayor se acerca más al de flujo pistón y la mezcla es mayor en la columna pequeña.

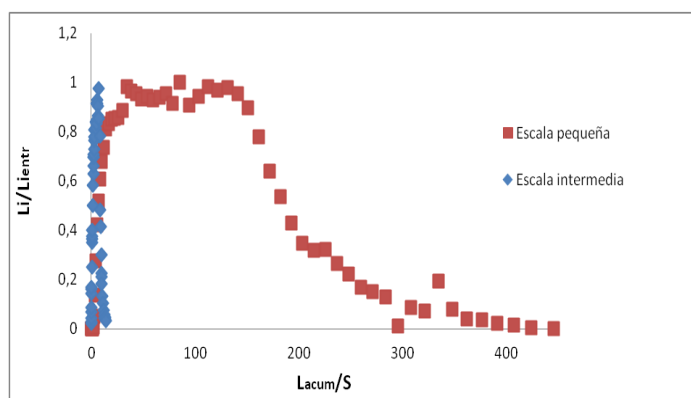


Figura 6. Carga relativa de litio en los ensayos de trazadores, en función de la relación L/S acumulada.

4. CONCLUSIONES

La carga orgánica inicial del lixiviado de los rechazos del TMB es menor que en el caso de los residuos sin tratar [4] pero mayor que en los residuos convencionales con una antigüedad de 12 años. Presenta por tanto un estado de degradación menor que estos últimos.

El ensayo de lavado de contaminantes muestra una eficacia bastante alta para casi todos los contaminantes a partir de una relación L/S=1. Se podrían tomar estas curvas y en concreto este valor como referencia para diseñar una estrategia de lavado de contaminantes en vertedero.

En cuanto al efecto de la escala, se observa que el tamaño de residuo condiciona las concentraciones iniciales del ensayo pero no las finales. Esto implica que la contaminación disponible para lixiviar en los residuos de mayor tamaño (escala intermedia) es menor, y ya que el material es el mismo, deberá tener mayor contaminación remanente. En vertedero, la



carga contaminante debería ser similar a la del ensayo de escala intermedia, es decir menor a corto plazo y a largo plazo habría que tener en cuenta la acción microbiana o envejecimiento físico que podría poner disponible lo que ha quedado remanente. En todo caso la contaminación emitida por este efecto, si ocurre gradualmente, puede no ser tan impactante.

El ensayo de trazadores muestra una tendencia al flujo pistón de la columna intermedia y mayor mezcla en la columna pequeña. Lo que muestra que el flujo depende de la escala.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ministerio Español de Economía y Competitividad la financiación de este trabajo, que forma parte del proyecto CTM2012-35055. El proyecto está cofinanciado con fondos FEDER (periodo operativo 2007-2013).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CEN/TS 14405: Characterization of waste – Leaching behaviour tests – Up-flow percolation test (under specified conditions)
- [2] Hudson, A.P., Beaven, R.P. y Woodman, N.D. 2013. “Comparison of continuous and intermittent water flow for contaminant flushing of unsaturated municipal solid waste”. En: J. MacDougall (Editor), Hydro-Physico-Mechanics of Landfills. Napier University, Edinburgh, UK, pp. 23-29.
- [3] Molleda A., López A. y Lobo A. 2013. “Características del rechazo de plantas de tratamiento mecánico-biológico: dos casos en España”. Memorias del 5º Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos con ISBN 978-607-607-015-4, Octubre de 2013, Ciudad de Mendoza, Argentina.
- [4] Molleda, A., Lobo, A. 2011. “Effects of MBT on landfill emissions: a literature review”. Memorias del Fourth Workshop on the Hydro-Physico-Mechanical Properties of Landfills (HPM4), Abril de 2011, Cantabria, España.
- [5] Mendoca, M. y Stringfellow. 2013. “MUMS upflow leaching tests – small columns”. Technical report. University of Southampton, UK.

[Indice](#)



Efecto del Agua Residual en Películas Plásticas

¹Maribel Solano Salguero, ¹Maribel Velasco Pérez*, ¹Alethia Vázquez Morillas, ¹Abelardo González Aragón

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco

Av. San Pablo No 180, Col. Reynosa Tamaulipas, Azcapotzalco, México, D.F. C.P. 02200 *mvp@correo.azc.uam.mx

RESUMEN

Las bolsas de plástico de tiempo de vida controlado se desarrollaron para reducir el impacto negativo de los residuos plásticos en el ambiente. Sin embargo, no se ha evaluado su comportamiento en escenarios de disposición no controlada. En este trabajo se midió la pérdida de propiedades mecánicas, como indicador de degradación, en películas plásticas de polietileno de baja densidad (PEBD), PEBD con aditivo oxo-degradable, polietileno de alta densidad (PEAD) con aditivo oxo-degradable y un plástico composteable en agua residual cruda y tratada. La experimentación se realizó en la Planta Piloto de Tratamiento de Aguas Residuales (PPTAR) de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco (UAM-A). Las películas plásticas, en tiras de 15 cm × 1 cm, se colocaron en el cárcamo de bombeo de aguas residuales (agua residual cruda), en el tanque de almacenamiento de agua residual tratada y en un bidón con agua desionizada (control). Se tomaron veinte tiras de cada tipo de plástico en las semanas 0, 5, 10 y 23 y se midió la elongación a la ruptura y la masa de éstas. También, se caracterizó semanalmente el agua residual cruda, tratada y el agua desionizada. La masa y elongación a la ruptura no mostraron cambios significativos durante las 23 semanas de exposición a las tres calidades de agua. Esto se explica por la ausencia de radiación UV, temperatura cercana a la ambiental y baja concentración de oxígeno. En conclusión, la aplicación de materiales de vida controlada no presenta ventajas ambientales cuando se disponen de forma inadecuada, ya que estos materiales se degradan en condiciones ambientales específicas.

Palabras Clave: *Elongación a la ruptura, Oxodegradable, Plástico composteable, Polietileno.*

1. INTRODUCCIÓN

La producción mundial de plásticos ha crecido constantemente, de 1.7 millones de toneladas en la década de 1950 a 288 millones de toneladas en 2012 [1]. Con el aumento de producción y consumo de los plásticos, también ha crecido la generación de sus residuos. En México en el 2010 los plásticos rígidos y de película representaron el 7.22 % de las 102,895 Ton/día de residuos sólidos urbanos generados [2]. Entre los productos plásticos destacan las bolsas, se estima que en México la venta de éstas generó ganancias de 5 mil millones de pesos en el 2011, representando el 44% del total de envases plásticos producidos en el país [3,4].

Una gran parte de las bolsas de plástico se utilizan por un periodo muy corto y terminan su vida útil acumulándose en los sitios de disposición final o en ambientes terrestres y acuáticos. Las bolsas de plástico pueden afectar de manera importante el sistema de drenaje en las ciudades, especialmente en la temporada de lluvias. Las bolsas, junto con otro tipo de materiales, se acumulan en las alcantarillas y drenajes, ocasionando que estos se obstruyan y surgiendo severas inundaciones.

Las bolsas degradables se desarrollaron con el fin de disminuir los impactos negativos del plástico en el ambiente. En México las películas degradables comercializadas incluyen los plásticos oxodegradables y el ácido poliláctico (PLA, por sus siglas en inglés). Los primeros están hechos a partir de polímeros convencionales a los que se les agrega un aditivo pro-oxidante, un compuesto orgánico con metales de transición [5]. El PLA, por su parte, es un polímero compostable biobasado producido del almidón extraído del maíz o trigo [6]. Estos materiales están diseñados para degradarse en menor tiempo que los plásticos convencionales, sin embargo para que la degradación se lleve a cabo los plásticos necesitan condiciones ambientales específicas. Mientras que los polietilenos con aditivos pro oxidantes se degradan por oxidación

catalizada por la radiación UV y las sales metálicas del aditivo, el PLA se degrada por hidrólisis en plantas de compostaje municipales.

El proceso de degradación de las bolsas de plástico degradables y no degradables en ambientes reales no se ha estudiado. En este trabajo se evaluó el efecto del agua residual en diferentes tipos de películas plásticas.

2. METODOLOGÍA

La experimentación se llevó a cabo en las siguientes etapas: preparación de las películas plásticas, montaje de las unidades experimentales en la Planta Piloto de Tratamiento de Aguas Residuales (PPTAR) de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco (UAM-A), caracterización de las películas plásticas, caracterización fisicoquímica del agua residual y análisis estadístico de los resultados.

2.1 Preparación de películas plásticas

Las películas plásticas estudiadas fueron polietileno de baja densidad (PEBD), polietileno de baja densidad con aditivo oxo-degradable (PEBD-Oxo), polietileno de alta densidad con aditivo oxo-degradable (PEAD-Oxo) y el plástico composteable Ecovio®, fabricado a base de PLA.

Las películas plásticas se cortaron con un bisturí en tiras, llamadas probetas, de 15 cm × 1 cm. Se tuvo especial cuidado en no deformar o rasgar las orillas de las probetas durante el corte, ya que estos defectos alteran la medición de las propiedades mecánicas de las películas.

2.2 Montaje de las unidades experimentales

Las películas plásticas se expusieron al agua residual cruda y tratada en unidades experimentales diseñadas para garantizar el contacto entre las películas y el agua residual. Adicionalmente, se utilizó como testigo la exposición de las películas a agua desionizada. Las unidades experimentales se colocaron en el cárcamo de bombeo (agua residual cruda) y en el tanque de almacenamiento del tratamiento primario avanzado (agua residual tratada) de la PPTAR de la UAM-A (Figura 1a y 1b). El testigo se colocó en un bidón de 20 L con agua desionizada (Figura 1c).

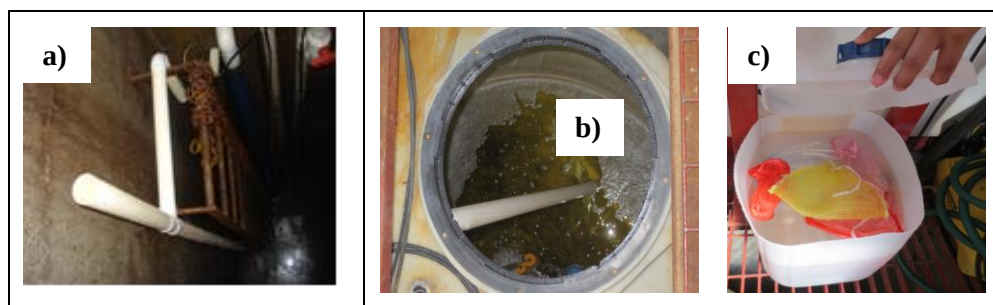


Figura 1. Unidades experimentales con las películas plásticas colocadas en a) el cárcamo de bombeo de la PPTAR, b) el tanque de almacenamiento del tratamiento primario avanzado de la PPTAR y c) un bidón con agua desionizada.

Al inicio de la experimentación y en las semanas 5, 10 y 23 se muestrearon y caracterizaron 20 probetas de cada tipo de película plástica para cada tipo de agua. También, se realizó semanalmente una caracterización fisicoquímica del agua residual cruda, tratada y desionizada.

2.3 Caracterización de las películas plásticas

La caracterización de las películas plásticas consistió en medir la masa y elongación a la ruptura de las probetas. Las muestras se lavaron con agua potable, se enjuagaron con agua desionizada, se secaron con papel adsorbente y finalmente se pesaron en una balanza analítica marca OHAUS modelo AP110.

La elongación a la ruptura es la deformación que sufre un material en película bajo la aplicación de una fuerza (carga) hasta su punto de ruptura, y funciona como un indicador de la resistencia mecánica de los plásticos; generalmente la degradación de los mismos se refleja en una disminución de la elongación a la ruptura. Esta propiedad se midió en una máquina de ensayos universal marca Lloyd Instruments modelo LP PLUS; la apertura entre las mordazas fue de 5 cm, la carga para las muestras de PEBD-C, PEBD-oxo y Ecovio® fue de 0.5 N y para PEAD-oxo de 0.1 N, la velocidad de las mordazas se fijó en 150 mm/min.

2.4 Caracterización fisicoquímica del agua residual cruda, tratada y desionizada

Los parámetros que se midieron para la caracterización fisicoquímica semanal de las tres calidades de agua son: pH [7], conductividad eléctrica [8], sólidos suspendidos [9], turbiedad [9], color [7], demanda química de oxígeno [10] y oxígeno disuelto [11].

2.5 Análisis estadístico

Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) para evaluar los cambios en la masa y elongación a la ruptura de las muestras de plástico.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se presentan y discuten los resultados de la evaluación del efecto del agua residual en películas plásticas.

3.1 Caracterización de las películas plásticas

La Figura 2 muestra, a forma de ejemplo, el estado de las probetas de PEBD, PEAD-Oxo y Ecovio® expuestas al agua residual tratada. Las películas expuestas a esta calidad de agua adquirieron un olor fuerte y desagradable, las probetas de Ecovio® tomaron una coloración amarillenta.

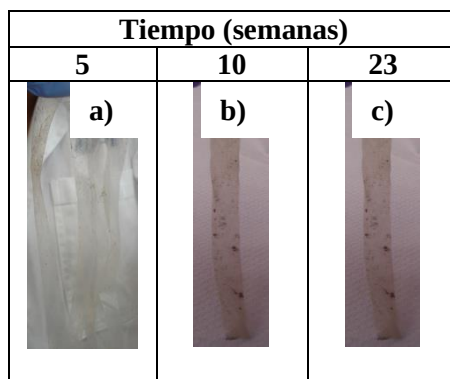


Figura 2. Estado físico de las probetas de a) PEBD a las 5 semanas de exposición, b) PEAD-Oxo a las 10 semanas de exposición y c) Ecovio® a las 23 semanas de exposición en agua residual tratada



La Figura 3 muestra el promedio y desviación estándar de la masa y elongación a la ruptura de las probetas de plástico al inicio del experimento y en las semanas 5, 10 y 23 para las tres calidades de agua. Estos parámetros no mostraron cambios significativos para ningún tipo de película plástica estudiada (PEBD, PEBD-Oxo, PEAD-Oxo y Ecovio®) durante las 23 semanas que duró el experimento. De acuerdo a un análisis de varianza la masa de todos los tipos de películas plásticas en las tres calidades de agua no presentó cambios estadísticamente significativos ($p > 0.05$). La elongación a la ruptura para las probetas de PEBD y PEBD-oxo en las tres calidades de agua tampoco presentó cambios estadísticamente significativos ($p > 0.05$), mientras que las probetas de PEAD-Oxo y Ecovio® presentaron un cambio estadísticamente significativo ($p < 0.05$). Sin embargo, el promedio de elongación a la ruptura para estos plásticos solamente disminuyó entre 3.4 % y 13.71%, por lo que se considera que ningún plástico sufrió una degradación considerable durante el proceso.

3.2 Caracterización fisicoquímica del agua residual cruda, tratada y desionizada

La Tabla 1 muestra la caracterización fisicoquímica promedio ($\pm$ desviación estándar) del agua residual cruda, tratada y desionizada. En esta tabla se puede observar que la calidad del agua residual varía de forma considerable. También, la concentración de oxígeno disuelto en el agua residual cruda y tratada es relativamente baja.

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica del agua residual cruda, tratada y desionizada

Parámetro	Agua residual cruda	Agua residual tratada	Agua desionizada
pH (unidades)	8.62 $\pm$ 0.27	7.33 $\pm$ 0.37	6.64 $\pm$ 0.33
Conductividad eléctrica (μ S/cm)	1831.26 $\pm$ 546.01	1935.57 $\pm$ 567.11	4.56 $\pm$ 3.08
Sólidos suspendidos (mg/L)	241.01 $\pm$ 171.24	11.26 $\pm$ 13.60	ND
Turbiedad (mg/L)	338.21 $\pm$ 252.14	16.62 $\pm$ 19.64	ND
Color (mg/L)	3244.82 $\pm$ 2496.80	140.62 $\pm$ 6.57	ND
DQO (mg/L)	498.89 $\pm$ 285.49	153.18 $\pm$ 73.15	ND
Oxígeno disuelto (mg/L)	0.46 $\pm$ 0.27	0.51 $\pm$ 0.33	4.68 $\pm$ 0.47

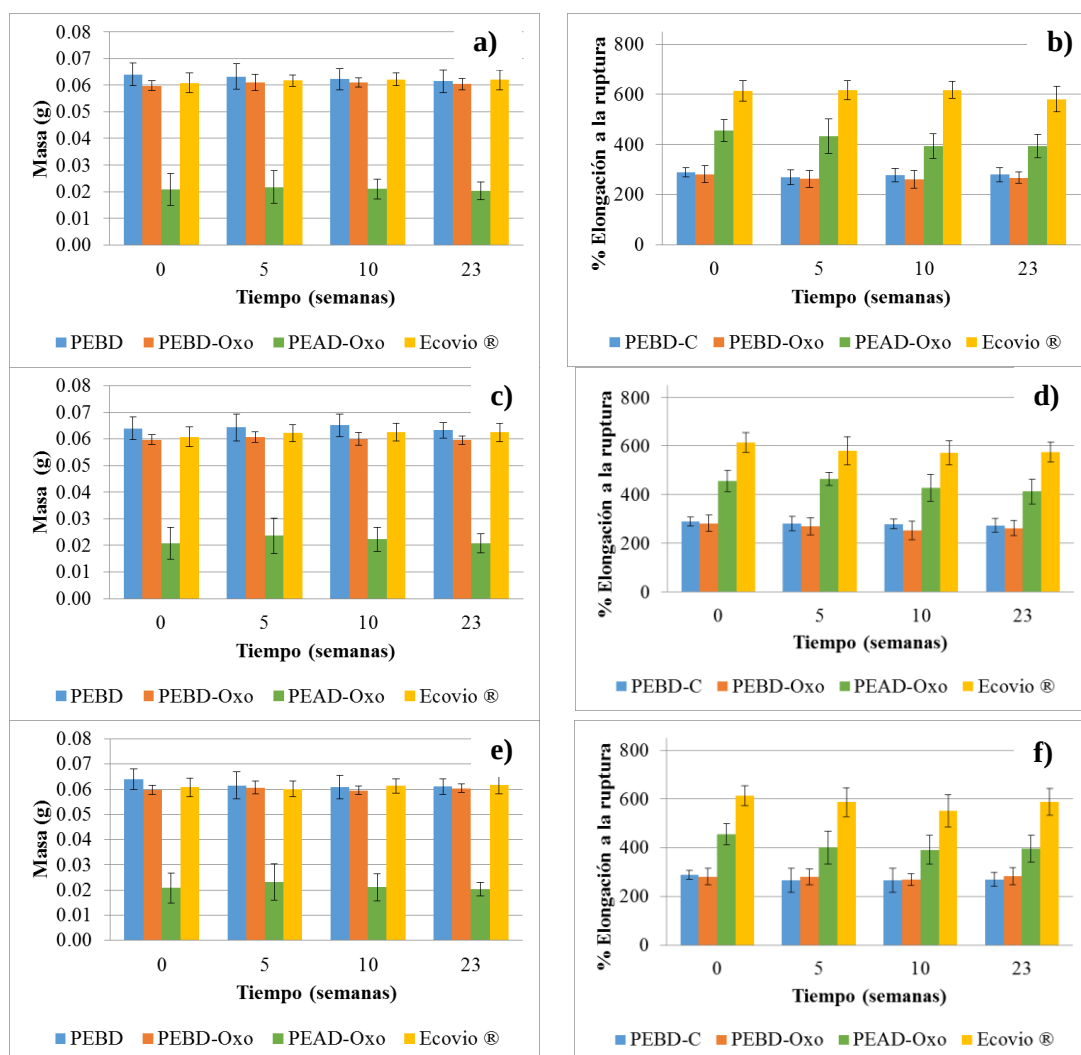


Figura 3. Masa promedio y elongación a la ruptura de las probetas expuestas a agua residual cruda a) y b); agua residual tratada c) y d); y agua desionizada e) y f)

4. CONCLUSIONES

Este proyecto tuvo como finalidad la evaluación del efecto del agua residual en diferentes tipos de películas plásticas de PEBD, PEBD-Oxo, PEAD-Oxo y Ecovio®. Durante las 23 semanas que estos plásticos estuvieron expuestos al agua residual cruda y tratada no presentaron cambios importantes en la masa y en la elongación a la ruptura. Por lo que se supone que la falta de radiación UV, las bajas concentraciones de oxígeno y temperaturas cercanas a las ambientales fueron determinantes.

Los llamados plásticos degradables, como los que contienen aditivos oxo-degradables y los composteables, se desarrollaron para minimizar el impacto de la acumulación de estos materiales en el ambiente, pero si éstos se disponen inadecuadamente no se garantiza su degradación, debido a que pueden no tener las condiciones adecuadas para que este proceso se lleve a cabo. Sin embargo, puede asumirse que la disposición correcta de las bolsas de plástico permitiría un manejo adecuado y disminuirá sus impactos en el ambiente.

En conclusión, la aplicación de materiales de vida controlada no presenta ventajas ambientales cuando se disponen de forma inadecuada, ya que estos materiales se degradan en condiciones ambientales específicas.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Association of Plastics Manufacturers Plastics Europe. *Plastic – the Facts 2013, An analysis of European latest plastics production, demand and waste data*. 2013.
- [2] Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Secretaría de Medio Ambiente y recursos Naturales. *Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos 2012*. 2012, México.
- [3] Conde, M. 2012 “Presente y futuro de la industria del plástico en México” *Ambiente plástico* [consultado el 17 de Junio de 2014],
http://www.ambienteplastico.com/images/archivos_pdf/mercado_de_los_plasticos_2012.pdf
- [4] Rojas, M., Huitzil, A., 2011. “Bolsas biodegradables” *Revista Ciencia y Desarrollo*. Septiembre de 2011.
<http://www.cyd.conacyt.gob.mx/254/articulos/bolsas-biodegradables.html>
- [5] European Bioplastics. 2009. *Oxo-biodegradable plastics* [consultado el 17 de Junio de 2014], disponible en:
http://en.european-bioplastics.org/wp-content/uploads/2011/04/pp/Oxo_PositionsPaper.pdf
- [6] Segura, D., Noguez, R., Espín, G. 2007. “Contaminación ambiental y bacterias productoras de plásticos biodegradables” *Biotecnología* Vol 14:361-372.
- [7] American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF), 2005, *Method 2540 Standard methods for the examination of water and wastewater* 21th Edition ed. Washington, D.C.
- [8] Diario Oficial de la Federación (DOF), 2000, *NMX-AA-093-SCFI-2000, Análisis de agua - Determinación de la conductividad electrolítica – Método de prueba*, México
- [9] Hach Company, 1997-2005, *Suspended Solids Photometric Method Manual, DR/890 Colorimeter Procedures Manual 48470-22*.
- [10] American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF), 2005, *Method 5220: Chemical Oxygen Demand (COD) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21th Edition ed. Washington, D.C
- [11] Diario Oficial de la Federación (DOF), 2001, *NMX-AA-012-CSFI-2001, Análisis de agua- Determinación de oxígeno disuelto en aguas naturales, residuales y residuales tratadas*.

[Índice](#)



Partículas de Hierro de tamaño Nanométrico Soportadas en una Zeolita Natural para la Remoción de Cd (II) en Fase Acuosa

¹Evelyn Gpe. Xingu Contreras, ²Irma García Sosa, ¹Genoveva García Rosales, ²Marcos Solache-Ríos Agustín Cabral Prieto.

¹Instituto Tecnológico de Toluca, Av. Tecnológico s/n, Fraccionamiento La Virgen, Metepec, México.

e-mail: nyleve_18@hotmail.com; gegaromx@yahoo.com.mx,

²Departamento de Química, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. Carr. México-Toluca s/n, (Km. 36.5), La Marquesa, Ocoyoacac, México.

RESUMEN

En la actualidad la contaminación por Cd en agua es uno de los problemas ambientales y de salud pública de mayor importancia debido a que es un agente tóxico. Por lo que el objetivo del presente trabajo de investigación es utilizar partículas de hierro nanométrico soportadas en un material zeolítico, proveniente de San Luis Potosí, previa homoionización con Na^{+1} y la evaluación de su capacidad de remoción de Cd (II) en fase acuosa. Las nanopartículas de hierro metálico se obtuvieron mediante reducción química de una sal férrica con NaBH_4 , en ambiente inerte de Ar. Así mismo, se realizaron los estudios de sorción del catión Cd^{2+} en fase acuosa en un sistema en lote. La caracterización del material zeolítico acondicionado con nano partículas de hierro, antes y después del proceso de sorción, se realizó mediante difracción de rayos X (DRX), microscopía electrónica de barrido (MEB/EDS) y espectroscopia infrarroja (IR). Los resultados obtenidos por DRX, mostraron principalmente las reflexiones características de una zeolita tipo clinoptilolita. Mientras que por MEB se observó un tamaño de partícula de hierro no homogéneo que varía de 60-120 nm. Finalmente, los experimentos de isoterma de sorción, mostraron que el material zeolítico acondicionado con partículas de hierro metálico remueve hasta 400 mg L^{-1} Cd (II) en fase acuosa.

Palabras Clave: Hierro nanométrico, Zeolita natural, Sorción, Cadmio.

1. INTRODUCCIÓN

El término zeolita engloba a un gran número de minerales naturales y sintéticos con características cristalinas bien definidas, que forman armazones tridimensionales de tamaño variado, permitiendo que haya canales y cavidades de dimensiones moleculares; es decir, son estructuras porosas, las cuales han sido empleadas en diversas áreas como tamices moleculares, en el secado de gases, en catálisis o en petroquímica, etc. [1], [2].

Actualmente la síntesis de nanopartículas es un campo de gran interés científico y tecnológico debido a las propiedades físicas y químicas que ellas presentan. Las partículas de hierro metálico de tamaño nanométrico se pueden obtener mediante el molino de bolas, arco de plasma de hidrógeno, la descomposición térmica, sonoquímica, en fase acuosa por reducción química, etc. [3]; estas técnicas difieren en el grado de efectividad, la complejidad y el costo [3]. Éstas nanopartículas representan quizás una de las primeras generaciones de tecnologías ambientales, sin embargo, con la finalidad de incrementar la eficiencia de remoción de contaminantes en fase acuosa, se han estudiado diversos soportes como arcillas, carbón activado, zeolitas naturales y sintéticas [4]-[8], donde su estructura porosa proporciona un medio apropiado para el alojamiento de partículas metálicas de tamaño nanométrico [9].

Para los propósitos del presente trabajo se presenta la obtención, caracterización de las partículas de hierro metálico soportadas en un material zeolítico natural proveniente de San Luis Potosí y el estudio de remoción de Cd (II) en fase acuosa.

2. METODOLOGÍA

Inicialmente se utilizaron tres materiales zeolíticos provenientes del Estado de San Luis Potosí, identificadas como: **Y**, **3Z**, **FTRI**. Una vez caracterizados mediante MEB, difracción de rayos X (DRX) y área específica (BET) se seleccionó un material zeolítico para ser usado como soporte al cual se le determinó su capacidad de intercambio iónico, dicho material fue acondicionado previamente dejándolo en contacto con una solución de NaCl 5N durante 8 días, posteriormente se lavó con agua hasta la eliminación total de cloruros, este material homoionizado fue identificado como **YC**. Para la obtención de las partículas de hierro metálico soportadas en el material zeolítico se utilizaron tres sales de Fe (nitrato férrico, sulfato ferroso, cloruro férrico) en medio acuoso y un agente reductor en atmósfera inerte, este material fue identificado como **YCFe** posteriormente se llevó a cabo la caracterización de cada uno de los diferentes materiales obtenidos mediante (MEB) y (DRX), así como la determinación del área específica mediante BET.

Las pruebas de sorción de Cd (II) se realizaron mediante un sistema por lotes, el cual consistió en preparar soluciones con diferente concentración de nitrato de cadmio ($\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), se dejaron en contacto con el material zeolítico con nanopartículas de Fe metálico (**YCFe**) en un baño de agitación a 120 rpm a 30°C por 24 h. La separación de la fase líquida del sólido fue mediante centrifugación. El análisis del sobrenadante se realizó por espectrofotometría de absorción atómica en un Equipo GBC 932 plus.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Por DRX se observó que los materiales zeolíticos presentaron coincidencia con la tarjeta JCPDS (Joint Committee on Powder Diffraction Standards International Center for Diffraction Data) 01-083-1261, la cual corresponde a una zeolita tipo clinoptilolita; también se observó que los materiales FTRI y 3Z presentan similitud en su composición mineralógica. Por lo que se decidió utilizar la zeolita Y como soporte de las partículas de hierro metálico.

En la Figura 1 se muestra la micrografía del material zeolítico Y obtenido mediante MEB a 20,000 aumentos, en donde se observa la presencia de cristales planos y alargados principalmente, de longitud mayor a 1 μm , los cuales son característicos de las zeolitas tipo clinoptilolita.

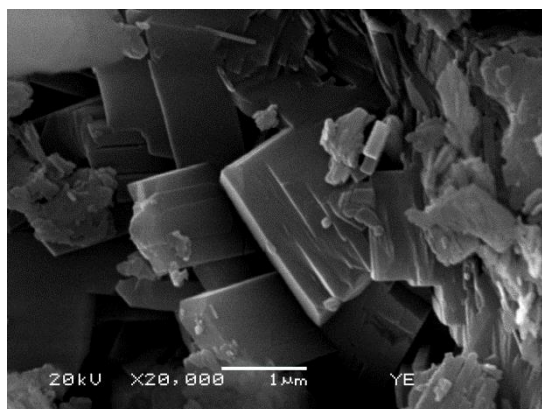


Figura 1. Micrografía del material zeolítico Y.

La tabla 1 muestra los resultados de área específica, el volumen y tamaño de poro de los materiales de partida, en la que se observa que el área específica se encuentra en un intervalo de 20-30 m²/g para los tres materiales, siendo Y quien presenta el área específica más grande comparada con los de 3Z y FTRI. En lo que respecta al volumen y tamaño de poro los valores obtenidos en este trabajo, son superiores a lo reportado por Leyva et al., 2001, quien los obtuvo en un intervalo de 0.021-0.058 cm³/g y 7.26-9.49 nm, respectivamente.

Tabla 1. Área superficial específica de los materiales zeolítico iniciales.

Zeolita	Área específica (m²/g)	Volumen de poro (cm³/g)	Promedio tamaño de poro (nm)
Y	29.60	6.80	21.06
FTRI	26.98	6.20	15.02
3Z	22.43	5.16	13.97

La capacidad de intercambio catiónico del material zeolítico y fue de 1.34 ± 0.13 meq/g, se observó una morfología mejor definida en el material homoionizado, con respecto a la estructura cristalina y en el área específica no se observó cambio alguno. Por lo que este material se utilizó como soporte de las partículas de hierro, para lo cual se utilizaron tres sales diferentes, en la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos por EDS del porcentaje de Fe contenido en cada síntesis.

Tabla 2. Comparación de Fe soportado en el material zeolítico en cada síntesis

Síntesis	Fe % elemental
Nitrato férrico	1.54 ± 0.75
Sulfato ferroso	5.86 ± 8.71
Cloruro férrico	25.18 ± 4.88

En los difractogramas de la figura 2 obtenidos por DRX se puede observar la comparación entre el material homoionizado y el material zeolítico con partículas de hierro metálico, el cual presenta las reflexiones características de una zeolita tipo clinoptilolita. En la misma figura se puede observar un pequeño ensanchamiento en un intervalo de 40-50 en 2θ correspondiente a la presencia de las nanopartículas de hierro metálico como se observa en el recuadro superior derecho.

En la figura 3 se muestra la morfología y el tamaño de las partículas obtenidas en el material zeolítico (**YCFé**) donde se observan partículas esféricas del orden de 100 nm.

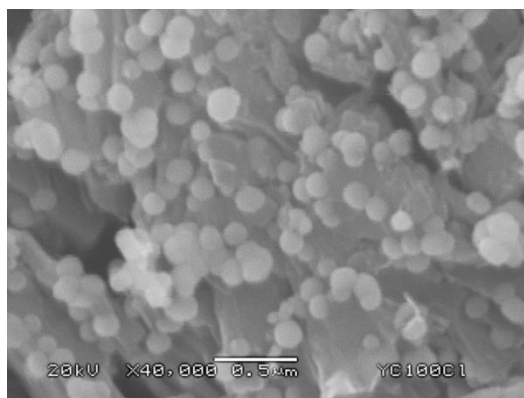


Figura 3. Micrografía de las partículas de hierro valencia cero soportadas en el material zeolítico YC

Las pruebas de sorción se realizaron con el material que se obtuvo a partir de cloruro férrico debido a que mediante el uso de este agente precursor la cantidad de Fe elemental fue mayor. En la figura 4 se observa que el material **YCFé** presenta una remoción de hasta 400 mgL^{-1} de Cd (II) en fase acuosa.

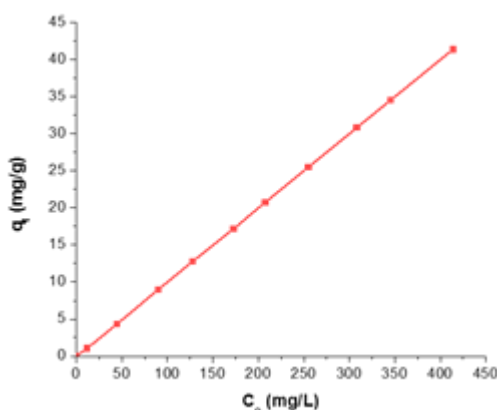


Figura. 4. Isotherma de sorción de Cd (II): YCFé.

4. CONCLUSIONES

El material zeolítico con contenido alto de clinoptilolita es una buena opción para el soporte de las nanopartículas de hierro metálico.

Las partículas de hierro de tamaño nanométrico soportadas obtenidas a partir de cloruro férrico, fue el método más reproducible y sencillo de los ensayos en este trabajo.

El material zeolítico acondicionado con hierro metálico utilizado muestra una buena capacidad de sorción de Cd (II).



AGRADECIMIENTOS

Al departamento de Posgrado del Instituto Tecnológico de Toluca por las facilidades prestadas en la realización de este investigación mediante el proyecto Clave 3402.10-P “Síntesis y evaluación de nanopartículas de Fe⁰ y TiO₂ para la remoción de arsénico y cromo en agua”. Responsable: Dra. Genoveva García Rosales. Al departamento de Química del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares por las facilidades prestadas para la realización de esta investigación, mediante el proyecto CB-207 (ETAPA 1) “Procesos fisicoquímicos involucrados en las interacciones de especies nucleares, químicas o microbiológicas contaminantes del ambiente, sorbentes de origen natural y sintético”. Responsable: Dra. Ma. Teresa Olguín G. Al C. Jorge Pérez del Prado por las imágenes proporcionadas para el desarrollo de este proyecto de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Gianneto P. (1989). Zeolitas, Características, Propiedades y Aplicaciones Industriales Editorial Innovación Tecnológica Caracas, Venezuela.
- [2] Bosch P. y Shifter. I. (1989). Zeolita. Una piedra que hierve. Primera reimpression. Fondo de Cultura Económica. Mexico. D.F.
- [3] Ni Xiaomin, Su Xiaobo, Zheng Huagui, Zhang Dongen, Yang Dandan, & Zhao Qingbiao. (2005). "Studies on the one-step preparation of iron nanoparticles in solution". *Journal of Crystal Growth* 275, pp.548-553.
- [4] Behrooz Zargar, Hooshang Parham, & Monir Rezazade. (2011). "Fast removal and Recovery of Methylene Blue by Activated Carbon Modified with Magnetic Iron Oxide Nanoparticles". *Journal of the Chinese Chemical Society* 58, pp.694-699.
- [5] Wahyuni, E., Arryanto, Y., Setiadji, B., Webb, J., & Chua-Anusorn, W. (2000). "Synthesis of Iron Oxide Nanoparticles in/on Zeolite-Y Structure". *Adsorption Science And Technology*, pp. 653-657.
- [6] Li, S., Wu, P., Li, H., Zhu, N., Li, P., Wu, J., Dang, Z. (2010). "Synthesis and characterization of organo.monmotillonite supported iron nanoparticles". *Applied Clay Science* 50, pp.330-336.
- [7] Wang, W., Zhou, M., Mao, Q., Yue, J., & Wang, X. (2010). "Novel NaY zeolite.supported nanoscale zero-valent iron as an efficient heterogeneous Fenton catalyst". *Catalysis Communications*, pp.937-941.
- [8] Frost, R., Xi, Y., & He, H. (2009). "Synthesis, characterization of palygorskite supported zero-valent iron and its application for methylene blue adsorption". *Journal of Colloid and Interface Science* 341, pp.153-161.
- [9] Lázár, K., Beyer, H., Onyestyák, G., Jönsson, B., Varga, L., & Pronier, S. (1999). "Iron nanoparticles in X and Y zeolites". *NanoStructured Materials*, 12, pp.155-158.
- [10] Yuvakkumar, R., Elango, V., Rajendran, V., & Kannan, N. (2011). "Preparation and charcterization of zero valent iron nanoparticles". *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*", pp.1771-1776.

[Indice](#)

IX

Ingeniería y Medio Ambiente

"Para que los hombres den un sólo paso para Dominar la Naturaleza por medio del Arte, de la Organización y la Técnica, antes tendrán que avanzar tres en su Ética".

Friedrich Leopold Freiherr von Hardenber.

[Indice](#)



Escenarios para la Disminución de Residuos Sólidos en un Horno Industrial utilizando un Prototipo Virtual en 3D

¹Manuel Borja Salín, ¹María de la Luz Jiménez Núñez, ¹Julio Cesar Estrada Moreno, ¹Fredy Cuellar Robles, ¹Vicente Vallejo Puerta.

¹Instituto Tecnológico de Toluca, Av. Tecnológico s/n, Ex Rancho la Virgen, Metepec Edo de México,
Tel. (722) 2720872, email: manuelborja@ittoluca.edu.mx

RESUMEN

50 toneladas de lodos residuales generados en una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) son incineradas diariamente, emitiendo a la atmósfera una mezcla contaminante de material particulado, CO, CO₂, entre otros, problema que puede reducirse efectuando la Re-Ingeniería del sistema de Incineración.

La incineración se verifica en un horno Industrial cilíndrico rotatorio de 11 metros de longitud, 2.90 metros de diámetro exterior y con ángulo de inclinación de 5°, forrado internamente con cemento refractario, cuenta en la parte frontal con un quemador de gas L.P. de 11 millones de BTU's. Para la propuesta de re-ingeniería, se dividió el incinerador en tres secciones, vaporización del agua residual, reacción química de la flama y la incineración de lodos y, el enfriamiento de las cenizas para su disposición final.

Las soluciones buscadas se basan en la metodología de elemento finito, que consiste en representar la geometría del horno y discretizar (dividir) su geometría en una malla en "n" elementos (nodos) y en cada uno aplicar fenómenos de transferencia; de masa, calor, momentum; y reacciones químicas en el interior del horno, acoplando estos fenómenos (multifísica) e integrarlos en 3D para su visualización. Para validar el modelo obtenido se comparan los datos generados con los medidos in situ, obteniendo un 90% de aproximación entre ellos.

Palabras Clave: Incineración, Lodos residuales, Multifísica, Simulación, Visualización-3D

1. INTRODUCCIÓN

La finalidad del tratamiento de aguas residuales ya sea municipales como industriales es la remoción de sus contaminantes y hacerlas adecuadas para otros usos, sin embargo su tratamiento implica casi siempre la formación de lodos residuales, los cuales son residuos sólidos no deseados y difíciles de tratar, y, genera un costo adicional para su disposición final.

En una planta de tratamiento de aguas residuales los volúmenes de producción de lodos es del orden de 50-70 Toneladas diarias, con tendencia a aumentar, la limitación para su disposición final se basa principalmente en el contenido de patógenos y parásitos presentes, lo cual origina que la incineración sea una alternativa viable, desafortunadamente (figura1)

Las normas oficiales (NOM-098-SEMARNAT-2002) [1] establecen las especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes así como el aumento periódico en el costo de combustibles y su disponibilidad aunado a la responsabilidad social del sector industrial de no afectar la salud de la población, y la inquietud de los académicos por mejorar la calidad de vida, originan obligatoriamente una revisión exhaustiva en los procesos de incineración de lodos. El monóxido de carbono se forma cuando el oxígeno disponible es insuficiente para una combustión completa o cuando los niveles de exceso de aire son demasiado altos, lo que resulta en temperaturas de combustión más bajas (EPA, 1995) [2], De lo anterior se aprecia la importancia del estudio del proceso de incineración.



Figura 1. Chimenea del horno incinerador



Figura 2. Horno industrial de Incineración de lodos

La incineración se lleva a cabo en un horno Industrial cilíndrico rotatorio de 11 metros de longitud y 2.90 metros de diámetro exterior y 5° de inclinación (figura 2), forrado internamente con cemento refractario y un quemador frontal de gas L.P, el aire primario se introduce con un ventilador. Se dispone de un tiro para el control de la velocidad de los gases de combustión

En general el *Método de Elemento Finito* se fundamenta en la definición de parámetros globales, la incorporación de las físicas, químicas y fenómenos de transferencia involucrados en el proceso, aunado a la geométrica del horno Industrial, en este caso en 3D, posteriormente se genera un “mallado” que permite conocer soluciones independientes en cada nodo. Entre los trabajos que han empleado esta herramienta para la disminución de residuos sólidos en hornos industriales se encuentran:

Borja y colaboradores en el 2013 en el Seminario Internacional sobre Reducción de Gases de Efecto Invernadero, GEI, organizado por el Instituto, Nacional de Investigaciones Nucleares presentaron el trabajo “Disminución de los gases efecto invernadero en un horno de incineración de una PTAR utilizando un CFD” [3]. Feole en el 2013 utilizó el programa Aspen Plus para generar modelos unidimensionales cinéticos de un horno rotatorio, con la finalidad de optimizar las condiciones de operación del horno [4]. Mtui, también en el 2013 concluyó que los regímenes de fluidización y el comportamiento de los gases dentro del horno son parámetros importantes cuando se está buscando optimizar su funcionamiento [5]. El objetivo de este trabajo es encontrar las alternativas operativas-económicas que permitan disminuir las emanaciones tóxicas y hacerlos accesibles al personal de operación.

2. METODOLOGÍA

En la figura 3 se presenta de forma sucinta la metodología empleada: adquisición de información del horno industrial; generación del modelo matemático tomando en cuenta la geometría del horno, las propiedades de los materiales, condiciones de carga, propiedades del combustible y cinética química.

El proceso *ensambla* las ecuaciones de masa, calor y momentum y se resuelven simultáneamente para cada uno de los 1806 a 440095 nodos en los que se dividió el modelo del horno incinerador.

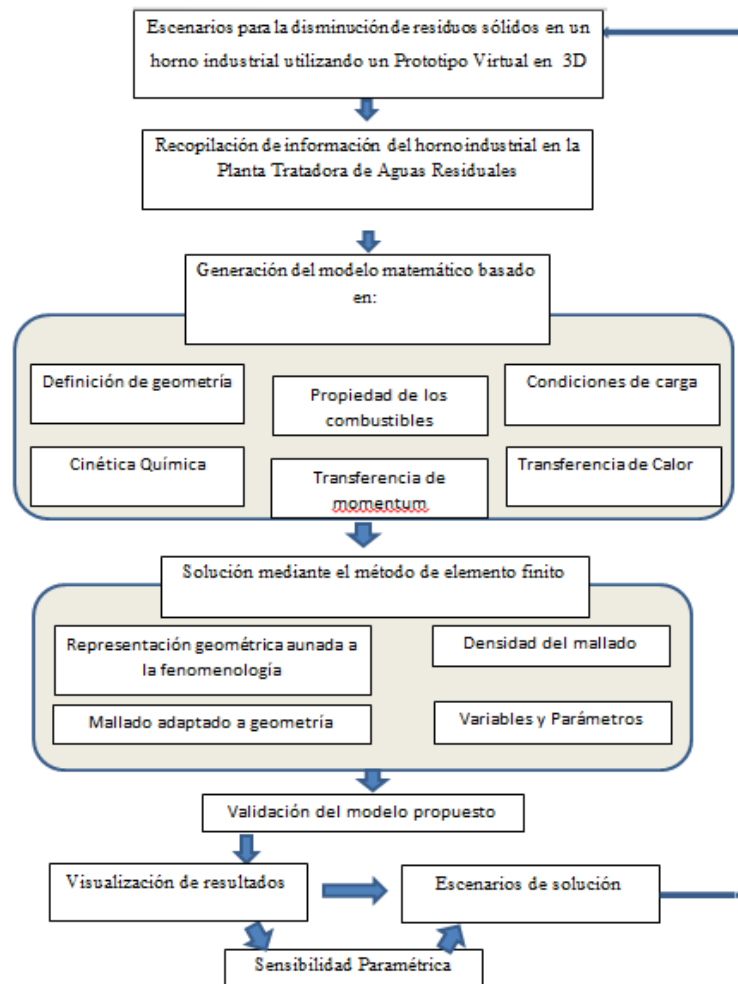


Figura 3. Metodología empleada

El post-proceso se refiere a las diferentes visualizaciones que se tienen de la información de cada una de las corridas. El modelo se confronta con la información recabada en campo y se *valida* para saber cuán cercano se encuentra el modelo matemático con los parámetros y variables propuestos a las condiciones reales del proceso. La sensibilidad paramétrica permite visualizar diferentes escenarios propuestos y poder escoger con mayor celeridad los escenarios de solución y las mejores alternativas “visuales”, sencillas y accesibles para el personal de operación.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 4 se muestra la comparación entre los datos experimentales obtenidos por Barlow y colaboradores [6] y los resultados obtenidos por el modelo virtual COMSOL [7] en donde se observa una certeza estadística del $90\pm5\%$, este modelo de solución se empleó en este trabajo.

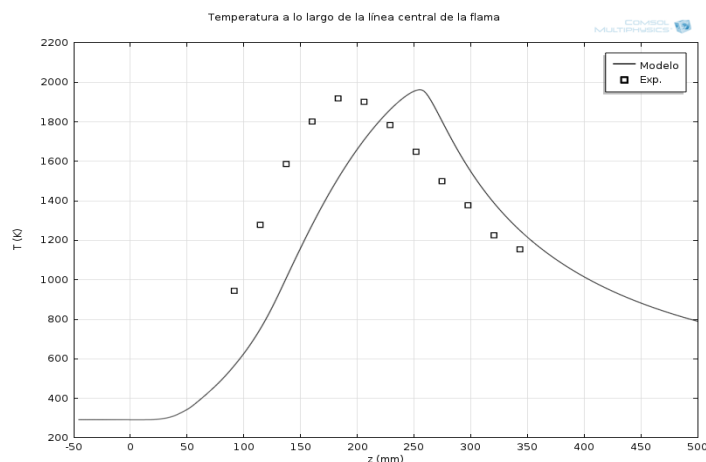


Figura 4 Validación del modelo multifísico utilizando un modelo de referencia mundial

En la figura 5 la gráfica de la izquierda muestra las temperaturas de las carcasa, tanto las generadas por el modelo como las medidas in situ, se nota que existe una correspondencia en los primeros 6 metros de longitud, no así a partir de los 7 metros en adelante, esto se debe a que en esta zona se lleva a cabo la vaporización de los lodos, lo que provoca un descenso brusco de temperatura, este efecto no fue considerado en el modelo desarrollado, la imagen de la derecha presenta en 3D la superficie de temperaturas.

En el interior del horno la reacción de combustión se lleva a cabo entre el primer metro y el segundo, lo que se debe a la alta velocidad de entrada del gas al quemador, después de esta distancia el calor de reacción se difunde a lo largo del horno originando un descenso de la temperatura a partir del segundo metro, lo que observa claramente en la imagen de la figura 6 y en la tabla 1 que muestra el % de error de las temperaturas calculadas versus las medidas a lo largo de la flama,

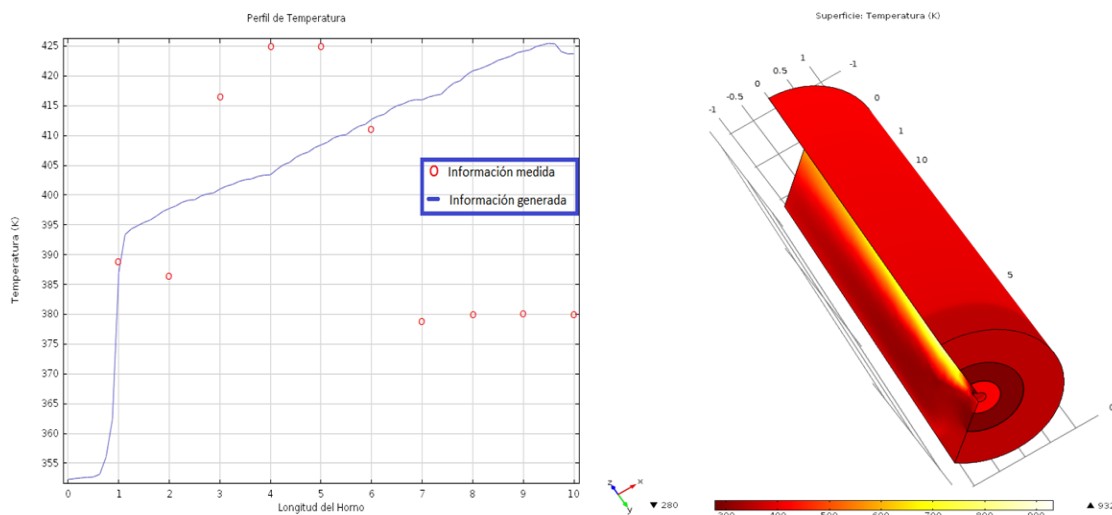


Figura 5 Perfil y superficie de temperaturas calculadas y medidas en la carcasa del horno industrial.

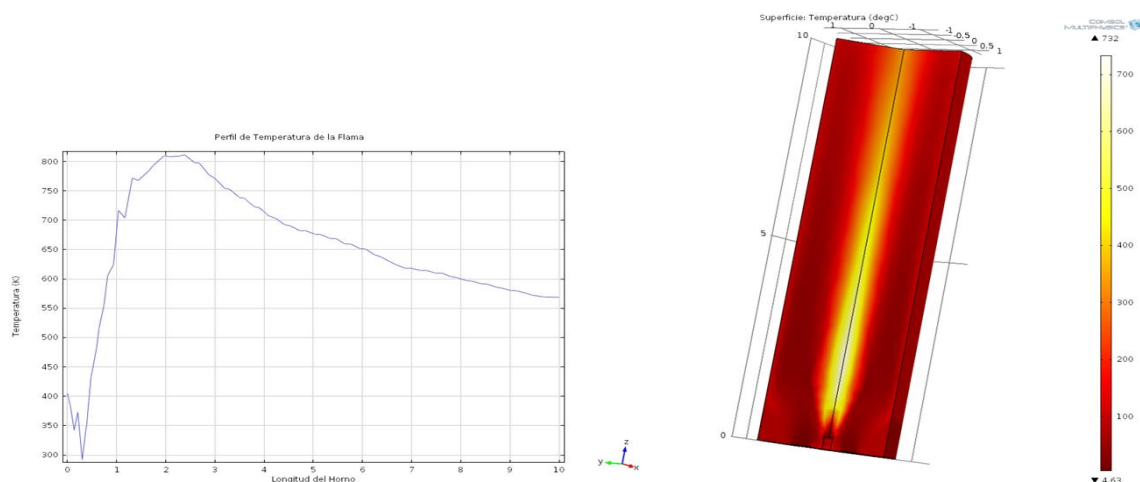


Figura 6 Perfil y superficie de temperaturas calculadas en el interior del horno industrial.

Tabla 1. Temperaturas medidas y calculadas

Longitud [m] Referenciado Plano xy sobre z	Temperatura medida (Real) °C	Temperatura calculada °C	% Error
Flama, 2 m	720	732	1.66
0.5	500	525	5.00
Fondo,	460	550	19.00

Las superficies de concentraciones tanto de CO como de CO₂ muestran que tan eficiente es la combustión, el CO prácticamente se transforma en CO₂ en el primer metro, mostrando casi una combustión completa, como se muestra en la figura 7.

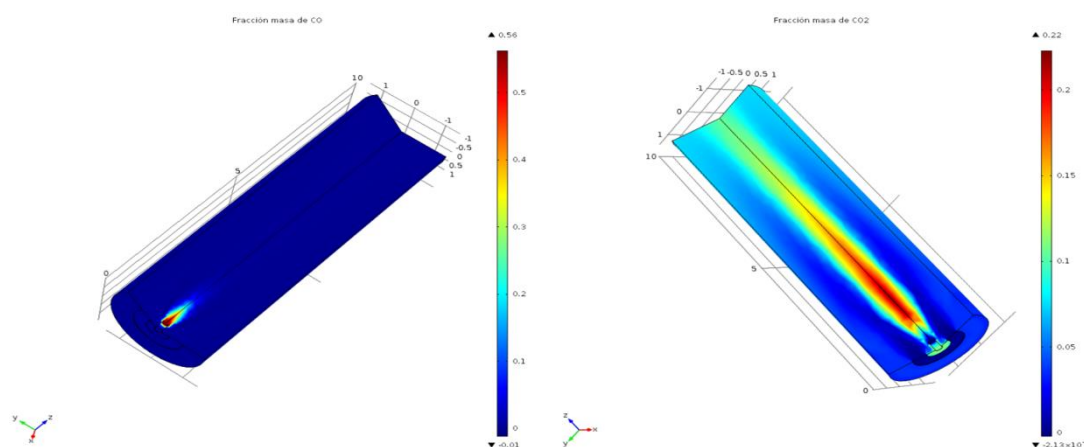


Figura 7 Perfil y superficie de concentraciones de CO y CO₂ calculadas en el interior del horno industrial.

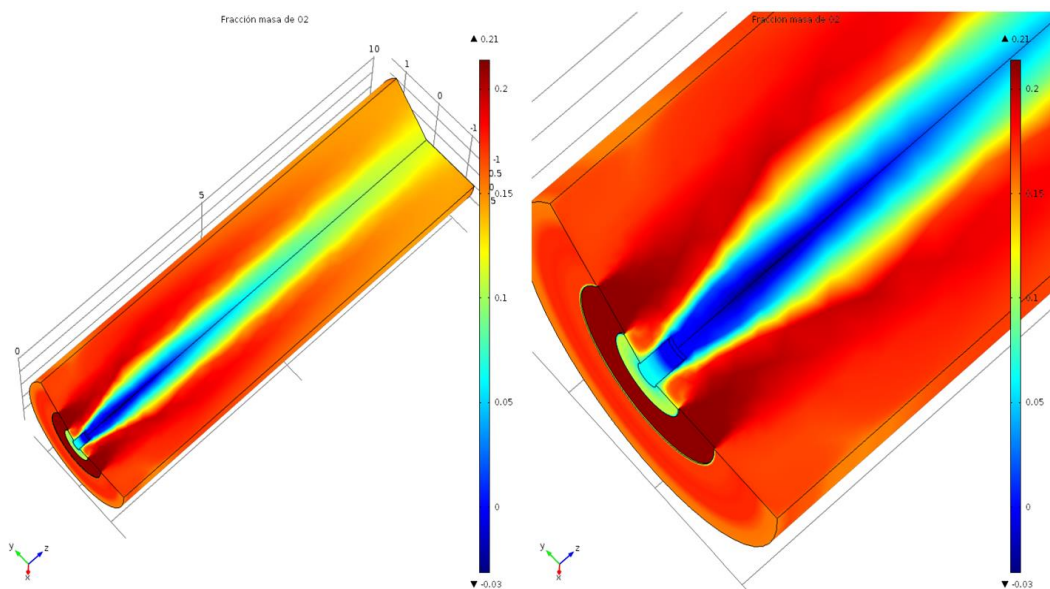


Figura 8 Superficie de concentraciones del oxígeno (O_2), al interior del horno industrial, con una imagen focalizada al quemador.

El oxígeno presente en el interior del horno se encuentra en exceso, como se observa en la figura 8, sin embargo al interior de la flama es nulo debido a que es el oxidante del combustible, así mismo se distingue una capa limite (color amarillo) que acompaña al flujo de gas.

4. CONCLUSIONES

Los modelos matemáticos presentados, acoplados y resueltos simultáneamente (multifísica), predicen de manera adecuada el proceso turbulento de combustión en el horno industrial.

El modelo virtual obtenido en este trabajo refleja con mayor precisión el comportamiento real en el interior del horno de incineración industrial respecto a la carcasa.

La visualización 3D permite observar de forma rápida y clara la variación de la concentración de los compuestos que intervienen en la combustión. En el caso del O_2 se aprecia la capa límite y el circundante a la flama sugiere la necesidad de mezclar eficientemente a través de un inyector.

La precisión del modelo se puede mejorar si se agregan la combustión y vaporización de los lodos.

Se presentan en este trabajo alternativas operativas que permiten disminuir las emanaciones tóxicas producto de la incineración de los lodos residuales, y a su vez son accesibles al personal involucrado, dándoles las herramientas que permiten mejorar las condiciones de operación para reducir la cantidad de residuos sólidos.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SEMARNAT, «NOM-098-SEMERNAT-2002,» México D.F., Diario Oficial de la Federación, 2002.
- [2] EPA, «National Air Quality: Status and Trends,» EPA, 1995.
- [3] M. B. Salin, «GEI,» de *Reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)*, México, D.F., 2013.
- [4] M. Feole, «Modeling Calcination in a Rotary Kiln using Aspen Plus,» Florida U.S., University of Florida, 2013.
- [5] P. Mtui, «CFD modeling of devolatilization and combustion of shredded tires and pine wood in rotary cement kilns,» *American Journal of Energy Engineering*, vol. 1, n° 5, pp. 51-55, 2013.
- [6] B. R. S., «Experiments on the Scalar Structure of Turbulent CO/H₂/N₂ Jet Flames,» *Combustion and Flames*, pp. 549-569, 2000.
- [7] COMSOL, «Syngas Combustion in a Round- Jet burner,» COMSOL AB, USA, 2013.

[Indice](#)



Uso de Cascarán de Huevo y Aserrín para la obtención Simultánea de CaO y Carbón Activado para Catalizadores y Tratamiento de Aguas Residuales

¹Elda Jael Olivares Martínez y ¹José Antonio Guevara-García*

Laboratorio de Investigación en Bioinorgánica y Biotecnología (LIByB). 21 de Octubre No.16. Fracc. Vista Los Volcanes II. Sta. Ursula Zimatlépec. Apizaco, Tlaxcala, México. C.P. 90450-CR-90301. E-mail: jaguevarag@hotmail.es

RESUMEN

En este trabajo se preparó Carbón Activado (CA) a partir de aserrín de diversas maderas mediante tratamiento térmico utilizando como agente activador los gases con alto contenido de azufre que se desprenden del calcinado del cascarón de huevo finamente pulverizado, aprovechando la misma reacción de calcinación para obtener CaO del cascarón. La co-síntesis se realizó en un crisol Gooch sobrepuesto en otro normal, conteniendo cada uno una muestra pesada de cada material. El CA y el CaO se obtuvieron a 500 °C, ahorrando una gran cantidad de energía con respecto a los procesos separados normales, además de no haber emisiones considerables. Se utilizó la adsorción con azul de metileno en solución acuosa y agua de yodo, para estudiar las isothermas y la cinética de adsorción del CA. Los resultados demostraron que los CA son comparables con los comerciales en cuanto a superficie específica, además de tener cinéticas de adsorción rápida, pero baja afinidad por el colorante, probablemente a que la naturaleza de los grupos activos es más afín a metales que a compuestos orgánicos.

Palabras Clave: Activación, Adsorción, Cascarán, Aserrín, Azul de metileno, Índice de yodo.

1. INTRODUCCIÓN

El carbón activado (CA) es un término común usado para describir los materiales con base de carbono que contiene bien desarrollada su estructura porosa interna. El CA se produce a partir de una variedad de materiales como madera, cáscara de coco, huesos, etc. En la estructura del CA, los principales grupos funcionales que se consideran son los responsables de la adsorción incluyen el carboxilo, carbonilo, fenoles, lactonas, quinonas, entre otros. La naturaleza de los grupos funcionales en la superficie del carbón deriva principalmente del proceso de activación, de los precursores, y del tratamiento térmico, entre 600 y 900 °C [1]. Es bien sabido que el CA es muy eficiente para la eliminación de compuestos orgánicos y metales en solución. Además, la capacidad de adsorción del CA puede ser mejorada mediante el tratamiento con compuestos de azufre, ya que esto da lugar a la formación de complejos carbono-azufre cuya naturaleza facilitan la retención de metales, tales como el cadmio, que forman una fuerte enlace con el azufre [2].

El uso de CA en el tratamiento de aguas residuales es un proceso de purificación eficaz para la reducción de cantidades traza de diversos contaminantes para llegar a las normas y reglamentaciones ambientales. Sin embargo, el uso generalizado del CA está restringido a causa de los altos costos comerciales. Por lo tanto se ha tratado de producir CA con tecnologías altamente eficaces y que dependa principalmente de residuos de actividades domésticas y agroindustriales. La reutilización de estos recursos naturales no sólo puede producir un adsorbente útil y de bajo costo para la purificación de ambientes contaminados, sino que también contribuye a reducir los gases de efecto invernadero, la carga en los rellenos sanitarios, etc. [3].

El desarrollo del valor agregado del cascarón de huevo es de gran interés ya que se produce en cantidades importantes a partir de la confección de la comida diaria en la mayoría de los países [4]. Estos cascarones se componen de carbonatos de calcio que se calcinan, usualmente en el intervalo 700-800 °C, para producir óxido de calcio, CaO, que se puede utilizar como un catalizador para la producción de biodiesel. El CaO es un catalizador básico sólido, que presenta muchas ventajas, tales como una larga vida, una alta actividad y requiere condiciones de reacción sólo moderadas. Sin embargo,



el principal inconveniente presentado por el CaO es que requiere una activación térmica con el fin de eliminar el CO₂ adsorbido y la humedad [4].

En este trabajo, se utilizó cascarón de huevo para preparar CaO, y simultáneamente se obtuvo CA a partir de aserrín, aprovechando los gases con alto contenido de azufre.

2. METODOLOGÍA

2.1 Preparación de Carbón Activado y CaO

El carbón activado y el CaO se obtuvieron mediante tratamiento térmico simultáneo. El aserrín de corteza de oyamel que se utilizó para el CA se obtuvo de trabajos anteriores en el LIByB [5]. El cascarón de huevo utilizado se secó a temperatura ambiente, una vez que el cascarón se encontró totalmente seco se molió y se homogeneizó con malla de 0.125 mm.

En un crisol se colocan 3g de cascarón de huevo previamente molido y homogeneizado. En un crisol Gooch se colocan 3g de aserrín de madera. Después se coloca el crisol Gooch con el aserrín sobre el crisol con el cascarón de huevo. Ambos crisoles se introducen en una mufla con programación de rampa de temperatura de 200°C por una hora y posteriormente 500°C por otra hora.

Después de este tiempo se deja enfriar y se colocan los crisoles en desecador. Se pesa el CA y el CaO y se calculan los porcentajes de rendimiento.

2.2. Estudios de adsorción

Los estudios de adsorción se llevaron a cabo en diferentes concentraciones de azul de metileno (AM), de CA y tiempo, a temperatura constante de 25°C y pH 6.0. Se preparó una solución stock de AM disolviendo 1.0 g del colorante en 1L de agua bi-distilada. La concentración de AM se varió en el intervalo de 4-20 mg/L, la cantidad de CA se varió desde 0.05 hasta 0.25 g, y se utilizaron tiempos de 30, 60 y 90 min.

La cantidad de AM adsorbida en el tiempo t , q_t (mg/g), fue calculada por la siguiente ecuación:

$$q_t = (C_o - C_t) \frac{V}{M} \quad (1)$$

Donde C_o es la concentración inicial del colorante, C_t es la concentración dada en el tiempo t , V es el volumen de la solución del colorante en L y M es el peso del CA en g.

El porcentaje de remoción de AM se calculó según la ecuación:

$$\text{remoción (\%)} = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \quad (2)$$

Donde C_i y C_f son las concentraciones iniciales y finales del colorante AM.

Para ajustar la isoterma de adsorción se utilizó la ecuación de Langmuir, en su forma lineal:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m} C_e + \frac{1}{K_a q_m} \quad (3)$$

Donde q_e (mg/g) y C_e son las cantidades de AM adsorbidas por unidad de masa del adsorbente y la concentración de AM



no adsorbido en solución, respectivamente; q_m es la cantidad máxima de AM adsorbido por unidad de masa del adsorbente formando una monocapa; y, K_a (L/mg) es una constante que se relaciona con la afinidad de los sitios de adsorción [3].

Para la predicción del proceso cinético del mecanismo de adsorción se utilizaron las ecuaciones de pseudo-primero y pseudo-segundo orden de Lagergrens [3]. Para este caso se encontró experimentalmente que se cumple la ecuación de pseudo-segundo orden:

$$\frac{t}{q} = \frac{1}{K_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (4)$$

Donde K_2 es la constante de velocidad de pseudo-segundo orden, y q_e es la cantidad de AM adsorbido en el equilibrio (mg/g).

El valor de la superficie específica S (m²/g) de los CA obtenidos, se calculó con la ecuación propuesta por Álvarez-Medina [6]:

$$IY = 0.77xS + 15 \quad (5)$$

2.3. Índice de azul de metileno (IAM) e índice de yodo (IY)

La determinación del IY se realizó según las normas tradicionales, en este sentido, las muestras de carbón activado (700-2000 mg) se ponen en contacto con 100 mL de solución acuosa de yodo (0.1 mol/l) a 25°C, determinándose la cantidad de yodo adsorbida mediante valoración con tiosulfato de sodio. Asimismo, el IAM se basa en la determinación de la máxima cantidad de una solución standard al 0.15% adsorbida por una muestra de 100 mg de carbón activado durante 10 horas [6].

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran los resultados experimentales. Se puede observar que se obtuvo CA de calidad aceptable en IAM, que es una medida de la adsorción de un colorante industrial. Los valores obtenidos son menores que los reportados para CA de semilla de mamey [6], pero los valores de IY obtenidos son comparables con este último, inclusive, se mejoran en algunos casos. El rendimiento de CaO fue mucho mayor que el de CA debido a que el cascarón de huevo contiene 96% de carbonato de calcio. Los CA comerciales tienen valores promedio de S de 600 m²/g. El CA de corteza de Pino alcanza este valor, y el de corteza de Oyamel lo rebasa. Los CA experimentales más avanzados alcanzan valores por arriba de 1000 m²/g, pero su activación se realiza por métodos químicos elaborados [5].

En la Figura 1(a) se observa que la remoción de AM se incrementa ligeramente con el tiempo, pero es altamente dependiente de la concentración del colorante: a mayor concentración mayor adsorción. Esta dependencia de la adsorción tanto del CA como del AM, es manifestada con el ajuste casi perfecto de la ecuación cinética de pseudo-segundo orden, Figura 1(b), con velocidades de reacción de hasta 1.97 L³·mg⁻¹·s⁻¹ y q en equilibrio de 3.09 mg·g⁻¹, comparado con valores de 0.48 y 1.16 para el CA de semilla de mamey, respectivamente [6].

Tabla 1. Resultados experimentales de IAM, IY y S para los CA, y rendimientos para CA y CaO.

Clase de madera	Rendimiento (%)		IAM (mL/g)	IY (mg/g)	S (m ² /g)
	CA	CaO			
Hule (pulpa)	15.49	78.10			
Hule (corteza)	28.78	84.65	2.27	339	421
Pino (pulpa)	15.07	82.10			
Pino (corteza)	28.79	81.08	2.04	447	565
Oyamel (pulpa)	9.66	78.85			
Oyamel (corteza)	19.18	90.70	2.56	579	733
Semilla de mamey ¹			10	430	543
GAC-1240 ²					559

1. CA obtenido de la semilla de mamey, género *sapodilla*, perteneciente a la familia Zapote nativa de Centroamérica [6].

2. Carbón Activado Granular (GAC) comercializado por Laboratorios NORIT, The Netherlands: www.norit-america.com

Sin embargo, la afinidad química del CA por el AM es baja, de acuerdo a los valores de K_d máximo de 0.1725 L/mg, comparado con los obtenidos por Kumar y col. de 2.3593 L/mg, para condiciones similares, de acuerdo con los datos de las isotermas de Langmuir calculadas. Esto posiblemente se deba a que el CA se activó con compuestos de azúfre que lo hace más afín a metales en solución que a compuestos orgánicos.

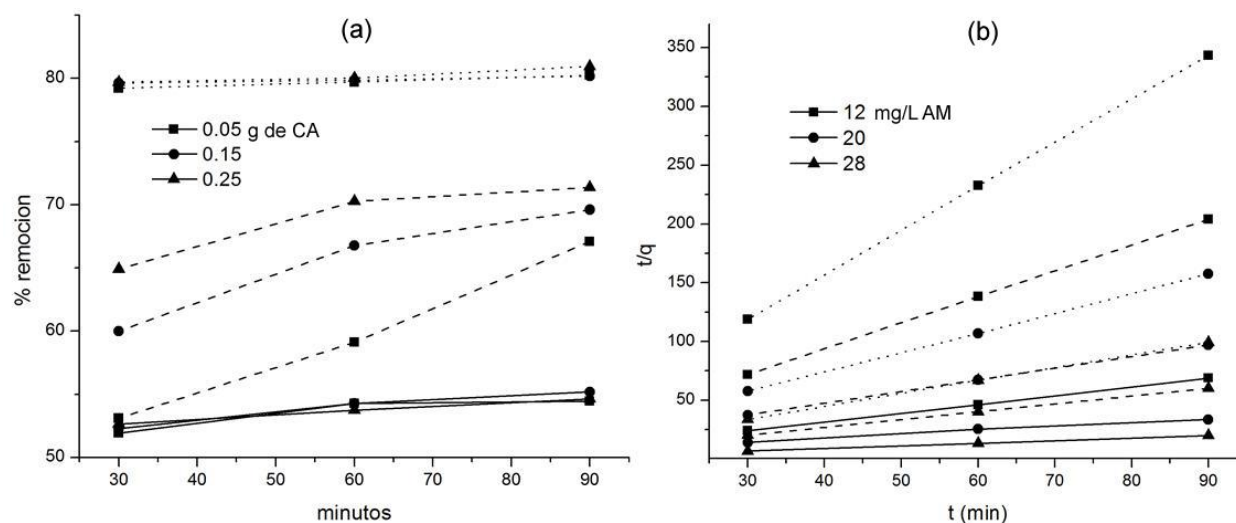


Figura 1. (a) Efecto del tiempo en la remoción de AM.: 12, 18 y 20 (mg/L), línea continua, segmentada, y de puntos, respectivamente; (b) Gráfico de pseudo-segundo orden para la remoción de AM con CA: 0.05, 0.15 y 0.25 g, línea continua, segmentada, y de puntos, respectivamente.



4. CONCLUSIONES

Se observó que el tratamiento térmico simultáneo tiene un efecto termodinámico que permite la calcinación del cascarón y la activación del carbón a menores temperaturas que los procesos individuales: 500 °C en vez de 800 °C. Además, la adsorción de los componentes gaseosos de la calcinación del cascarón, disminuyen sustancialmente la emisión de gases. El CA se caracterizó por IAM, e IY, resultando comparables con los reportados [3]. La superficie específica (S) del CA de corteza de pino alcanzó el valor de los CA comerciales que tienen promedio de 600 m²/g [4], y el de corteza de Oyamel fue aún más alto.

El CA obtenido tiene gran capacidad de adsorción y velocidades altas para la reacción de adsorción, pero es comparativamente menos afín al AM que otros CA reportados en la literatura. Es conocido que el CA activado con compuestos de azufre, como el H₂S, se utilizan como adsorbentes de metales pesados como el cadmio [2]. Es necesario probar los CA sintetizados en la adsorción de metales en solución.

Los resultados obtenidos cumplen con las expectativas y dan amplias perspectivas para la utilización de los CA preparados con esta nueva metodología. En cuanto al CaO preparado, los rendimientos de obtención alcanzan 90%, lo cual coloca este método como una ventaja para la preparación de materiales de alto valor agregado y beneficios para el ambiente. Este material se probará como catalizador heterogéneo en la síntesis de biodiesel y como coadyuvante en la pirolisis de material celulósico residual.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Bhatnagar A., Hogland W., *et al.* 2013. “An overview of the modification methods of activated carbon for its water treatment applications”. *Chemical Engineering Journal*. Vol. 219, pp. 499 - 511.
- [2] García, A. M., Serrano V. G., *et al.* 2003. “Adsorption of cadmium by sulphur dioxide treated activated carbon”. *J Hazard Mat.* Vol. 103(1-2), pp. 141 – 152.
- [3] Kumar M., Tamilarasan R. 2013. “Modeling studies for the removal of methylene blue from aqueous solution using Acacia fumosa seed shell activated carbon”. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. Vol. 1, pp. 1108 – 1116.
- [4] Borges, M. E., Díaz, L. 2012. “Recent developments on heterogeneous catalysts for biodiesel production by oil esterification and transesterification reactions: A review”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 16, pp. 2839 - 2849.
- [5] Tlapal Mendez, E. 2007. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Tlaxcala.
- [6] Medina Alvarez, B. F., Villegas Aguilar, P. J., *et al.* 2004. “Influencia de las condiciones de activación sobre las características texturales de los carbones activados obtenidos a partir de semillas de mamey”. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 8, pp. 47-51.

[Indice](#)



Análisis de un Sistema Mecánico Sustentable a Escala Piloto para Incrementar la Autodepuración de Cauces de Bajo Flujo

¹Viridiana Martínez Ruiz, ¹José Apolinar Cortés.

¹ Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Av. Francisco J. Mújica S/N. Teléfono: 4433223500 ext. 1204, Ciudad Universitaria. Edificio V1, cubículo 2. Morelia Michoacán. apodito@gmail.com

RESUMEN

La contaminación de agua residual que reciben los ríos es un problema debido al aumento de la población y mala planeación urbana, lo que ha afectado la calidad del agua. El volumen de aguas residuales, para 2030, se espera de 9.7 miles de millones de metros cúbicos y sólo el 38% podría recibir tratamiento debido a altos costos de mantenimiento. Las descargas alteran el balance de OD, ocasionando la muerte de vida acuática; por ello se trabajó con un sistema para mitigar este efecto, siendo un sistema de autodepuración que podría ser instalado sobre los ríos, empleando un sistema mecánico de *molino hidráulico*, aprovechando la energía de la corriente para moverlo y favoreciendo la transferencia de oxígeno. Se trabajó con tres caudales (0.4 L/s, 0.22 L/s y 0.13 L/s) y cuatro pendientes (de 0%, 1%, 2% y 3 %) en un canal abierto, simulando un cauce, y se realizaron pruebas con agua potable y residual, removiendo el oxígeno con Na_2SO_3 , para luego medir la capacidad de aireación y degradación del sistema. Se obtuvieron concentraciones de OD desde 3.37 a 6.29 mg/L por reaeración, rango donde se mantenían los resultados de las pruebas, y se trabajó a una temperatura de 23°C y pH neutro. Se midieron remociones de DQO en promedio de 17%. Este sistema favoreció la entrada OD al agua, a las condiciones particulares de trabajo, donde los microorganismos aprovecharon el oxígeno para oxidar la materia orgánica, considerándolo sustentable porque evita el uso de energía eléctrica y mejora la calidad del agua.

Palabras Clave: Agua residual, Autodepuración, Oxígeno disuelto (OD), Sistema mecánico, Reaireación.

1. INTRODUCCIÓN

El deterioro de ríos y arroyos va en aumento, y la falta de recursos económicos para tratar el agua residual que reciben estos cuerpos de agua se vuelve más común [2]; por lo anterior se presenta una alternativa de tratamiento, donde se evalúa la capacidad de aireación de un sistema mecánico y el porcentaje de remoción de materia orgánica para las condiciones particulares establecidas; el trabajo se enfoca en el aprovechamiento de la energía hidráulica [7], y transformarla en energía mecánica para favorecer la entrada de oxígeno de manera artificial, provocando turbulencia superficial, a través de un molino hidráulico; con este sistema mecánico se pretende aprovechar no sólo la energía de movimiento del molino, si no también considerar la potencia generada por el eje para activar otro sistema de aireación y/o generar energía eléctrica. Este sistema mecánico permite una aireación artificial [3], con lo cual se puede ayudar a la autodepuración de ríos de bajo flujo que han sido dañados por las descargas y la modificación de su forma natural, situaciones que han provocado problemas de salud pública, mal aspecto y desagradables olores por la degradación anaerobia.

2. METODOLOGÍA

Se construyó un prototipo a escala piloto de *canal abierto* (Figura 1), donde un embalse y vertedor triangular generan una caída de agua que mueve un sistema mecánico compuesto de un molino hidráulico y eje. Se tomó en cuenta un

acoplamiento mecánico para poder transferir energía del eje hacia un diafragma, elemento con el cual se introdujo burbujas.

Con el fin de incrementar el tiempo de residencia se construyó un tanque profundo con una mampara de choque para tener mayor tiempo de contacto oxígeno-agua, y forma parte del canal abierto; en este tanque se observó la generación de burbujas, velocidad de ascenso y tamaño. Para las pruebas se establecieron dos variables independientes: pendiente del canal ($P = 0\%, 1\%, 2\%$ y 3%) y caudal ($Q = 0.13 \text{ L/s}$, 0.22 L/s y 0.4 L/s), donde las pruebas se forman por la combinación de los diferentes niveles de cada uno de los factores. Las corridas se hicieron con agua potable y residual; removiendo el oxígeno disuelto inicial con sulfito de sodio (Na_2SO_3) [1] para ambos casos, y en particular para agua residual se hizo una combinación de agua proveniente del Río Chiquito, agua potable y un consorcio bacteriano de lodos activados proveniente de una PTAR municipal, para medir la degradación biológica.

Se realizaron pruebas sin acoplamiento mecánico (*) (Ver Figura 2- Propela), y con el acoplamiento mecánico (**) (ver Figura 3). Se midieron parámetros básicos: oxígeno disuelto, temperatura, presión atmosférica y conductividad; y se tomó en cuenta también el pH, DQO y Sólidos en todas sus formas con el agua residual. Se midieron las velocidades alcanzadas en el canal abierto por parte del vertedor, las revoluciones por minuto (RPM) del molino hidráulico, pérdida de energía por parte del acoplamiento mecánico y potencia transmitida por el eje. Finalmente se evaluó el coeficiente de transferencia de oxígeno global ($k_L a$) [5], para estas condiciones particulares.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 se muestra el sistema de aireación propuesto. En la Figura 2 se observa el embalse y propela del canal abierto, en donde se observa la caída de agua. En la figura 3 se presenta el acoplamiento mecánico del eje de la propela con el diafragma.

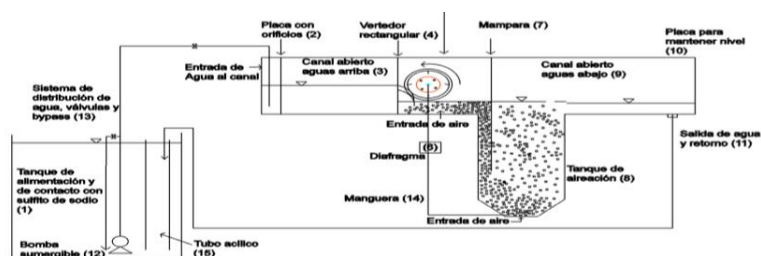


Figura 1. Canal abierto



Figura 2. Embalse, vertedor y propela



Figura 3. Acoplamiento mecánico

Con el embalse de agua (Figura 2) se aprovechó la energía por la caída del agua sobre la propela, la cual giró y provocó agitación superficial en el agua (*). El acoplamiento mecánico logró introducir burbujas de manera superficial, que lograron entrar un tanque de aireación (8). Las velocidades del agua que se consiguieron con el vertedor eran de 0.316 a 0.331 m/s ($Q = 0.4 \text{ L/s}$), 0.267 a 0.276 m/s ($Q = 0.22 \text{ L/s}$) y de 0.231 a 0.238 m/s ($Q = 0.13 \text{ L/s}$) para cada flujo mostrado y

en el rango de pendientes de 0% y 3%.

Cuando se usó el acoplamiento mecánico se observó una disminución en la velocidad de la propela (**), llegando a parar totalmente a un flujo de $Q=0.13$ L/s y, mientras que para los caudales $Q=0.22$ L/s y $Q=0.4$ L/s, se presentó una disminución de 12% y 13 % respectivamente. Esta pérdida energía se obtuvo restando las RPM de las corridas (*), de las RPM con (**), como se muestra en la figura 4.

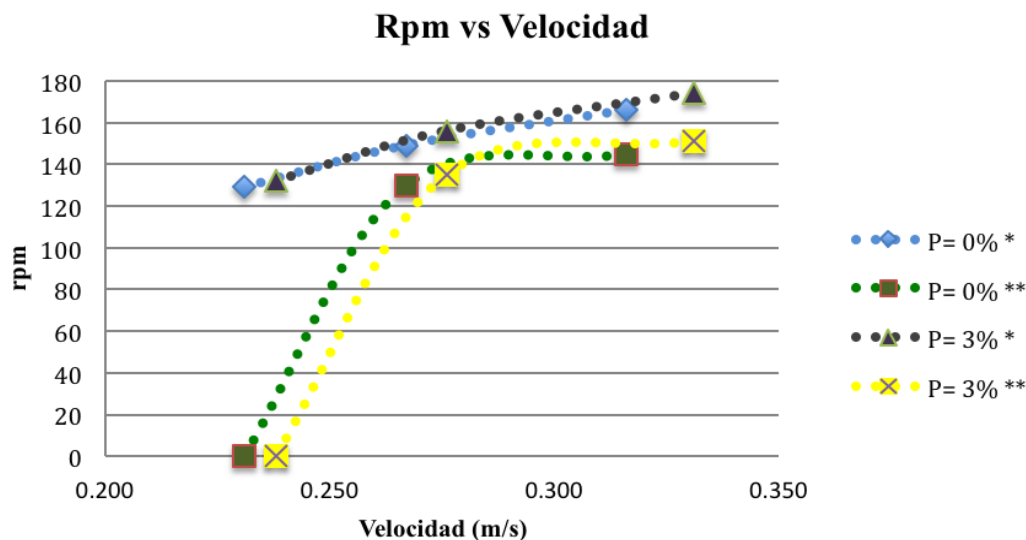


Figura 4. Revoluciones vs Velocidad

La potencia transmitida por el eje se calculó con la Ecuación 1 [4], y en la Figura 5 se presenta los resultados en función de las RPM, con y sin acoplamiento. Los resultados obtenidos muestran que la potencia generada a ésta escala tienen un máximo del orden de 4 Watts.

$$W = Ft C = (\tau/R) (R\omega) = \tau \omega \quad (1)$$

Donde: F_t = fuerza tangencial ($\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$); ω = velocidad angular (rad/s); C = velocidad en el punto de aplicación de la fuerza; τ = momento ($\text{N}\cdot\text{m}$); R = radio; W = potencia (Watt). El diámetro de la propela es de 0.11m.

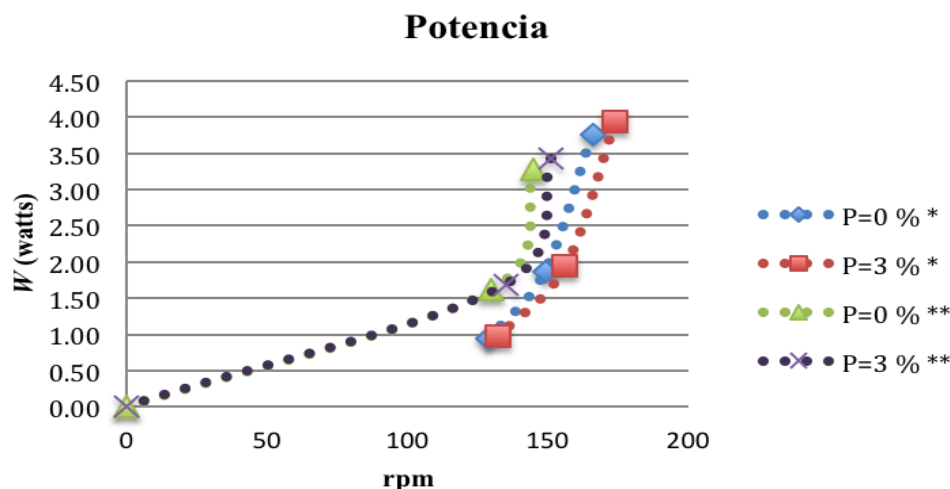


Figura 5. Potencia transmitida por el eje

3.1 Resultados de Etapa 1 (E1): Agua potable

Las burbujas introducidas por el acoplamiento mecánico tuvieron una velocidad de ascenso promedio de 2.5 cm/s, y diámetro promedio de 0.5 cm. Las burbujas provocadas por la agitación superficial fueron de diámetro menor 1 mm, con velocidades de ascenso variables, inferiores a 2.5 cm/s, pero no pudieron ser medidas por falta de equipo para ello, ya que las burbujas eran muy pequeñas y múltiples. Los resultados del suministro de oxígeno, medido como OD, cuando se tuvo solamente la agitación superficial (*), se muestran en las Figuras 6, 7 y 8 para un tiempo de operación de media hora.

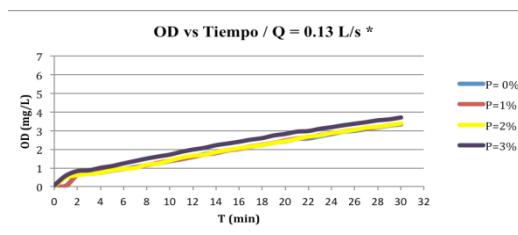


Figura 6. E1 - OD vs Tiempo /Q=0.13 L/s (*)

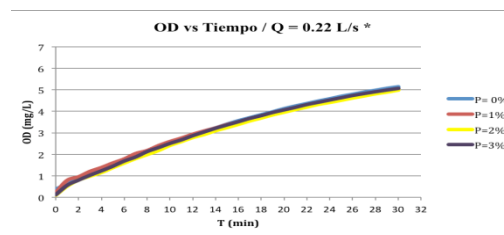


Figura 7. E1 - OD vs Tiempo /Q=0.22 L/s (*)

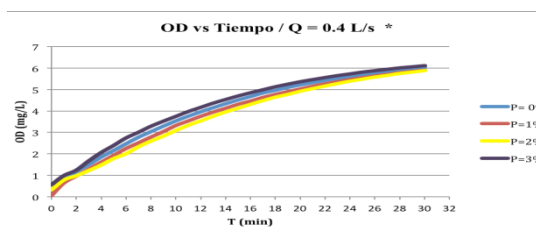


Figura 8. E1 - OD vs Tiempo /Q=0.4 L/s (*)

De forma general se observa que la pendiente del canal, no mostró un cambio visible en la concentración de OD para cada intervalo de tiempo. La concentración de oxígeno disuelto presentó un comportamiento lineal para cuando el flujo fue de

$Q=0.13\text{L/s}$ y para el caso de $Q=0.22\text{ L/s}$ y 0.4 L/s se tiene un comportamiento exponencial.

Los resultados de la cantidad de oxígeno disuelto para el caso en el cual se realiza el acoplamiento mecánico se muestran en las Figuras 9 y 10, en donde es posible observar que hay entrada de oxígeno por parte de la agitación superficial de la propela y por el acoplamiento eje-diafragma; sin embargo, la disminución en las RPM tiene un impacto mayor que el suministro por el eje-diafragma, ya que el OD es menor respecto al presentado sin el acoplamiento mecánico.

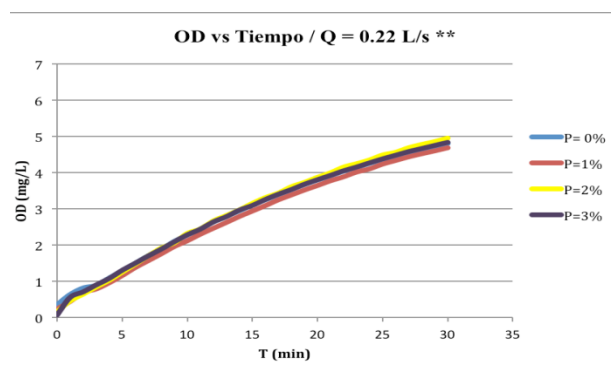


Figura 9. E1 - OD vs Tiempo / $Q=0.22\text{ L/s}$ (**)

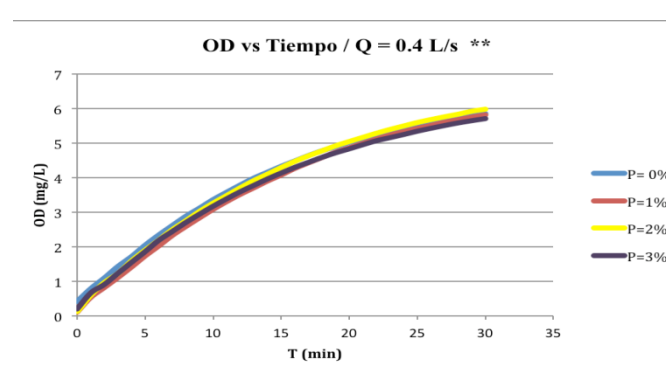


Figura 10. E1 - OD vs Tiempo / $Q=0.4\text{ L/s}$ (**)

De acuerdo a los comportamientos de OD contra tiempo para las diferentes pruebas realizadas, se observó que en términos generales éstas siguen un comportamiento de primer orden, excepto para cuando se tiene un flujo de 0.13 L/s (flujo mínimo), en el cual se presenta un comportamiento de orden cero (lineal). Con base en éstos datos y tendencias, se calcularon los coeficientes de transferencia de oxígeno ($k_L a$) y se ajustaron a 20°C con la *Ecuación de Arrhenius* [6]. Los valores que obtuvieron para el comportamiento lineal se encuentran en el rango de 0.1 a 0.12 (mg/L min) ; para las corridas en las cuales se presentó el comportamiento de primer orden se tuvo un coeficiente de transferencia en el rango de 0.6 1/min a 0.8 1/min . Cabe hacer mención que no existe una diferencia significativa cuando no se tiene el acoplamiento a cuando si se tiene.

3.2 Resultados de Etapa 2 (E2): Agua Residual

En esta etapa se acotó el número de corridas, solo considerando para $P=0\%$ y 3% , y para los tres caudales. Los valores de OD obtenidos se graficaron como se muestra en las Figuras 11, 12 y 13, y en esta ocasión se hicieron las corridas a 1 hora para poder determinar la capacidad de degradación por parte de las bacterias. Para $Q=0.13\text{ L/s}$ se observó una tendencia lineal a media hora, y la tendencia a 1 hora se vuelve exponencial. Cuando observamos los resultados de $Q=0.22\text{ L/s}$ es posible ver que sí hay un cambio en la pendiente a media hora de la corrida con respecto a las de agua potable; a una hora se observó que llegan a ser asíntotas las líneas, mostrándose cerca del valor de saturación de OD (6.64 mg/L a 21°C). Y en el caso de $Q=0.4\text{ L/s}$ es más notorio el consumo de oxígeno por las bacterias a media hora

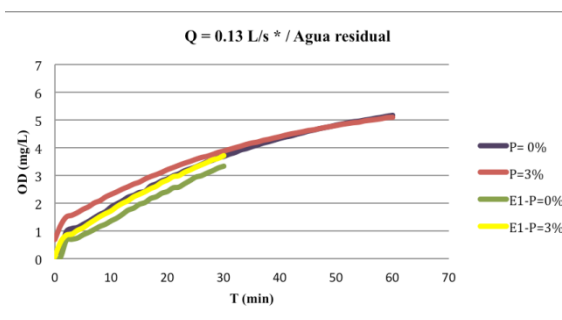


Figura 11. E2 - OD vs Tiempo /Q=0.13 L/s (*)

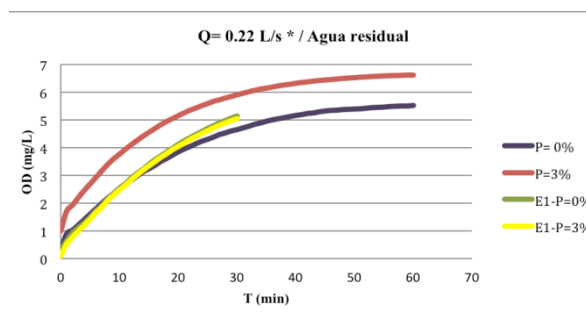


Figura 12. E2 - OD vs Tiempo /Q=0.22 L/s (*)

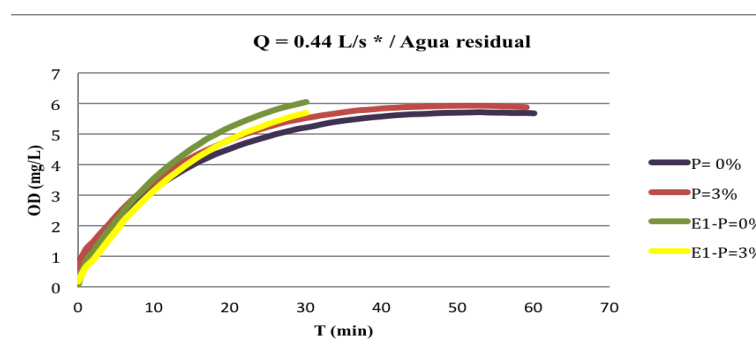


Figura 13. E2 - OD vs Tiempo /Q=0.4 L/s (*)

Los porcentajes de remoción de DQOs fueron de 9.7% en promedio ($Q=0.4$ L/s), 33% en promedio ($Q=0.22$ L/s), y 8.7% en promedio (0.13 L/s); hay un mayor porcentaje de remoción para $Q=0.22$ L/s, y podría explicarse con el hecho de que, a mayor flujo empleado, se tuvo una agitación tal que pudo haber provocado el deterioro del flóculo ó consorcio bacteriano. En el caso de menor flujo se observó la sedimentación parcial del consorcio bacteriano, por tal motivo, tal vez, no hubo completa mezcla para degradar la materia orgánica soluble. El pH y conductividad no se consideraron factores inhibitorios para las bacterias, dando valores de 7.2 para el pH, y de 0.5 ms/cm para la conductividad. Se midieron sólidos, con lo que se pudo comprobar que sí había disponibilidad de materia orgánica, teniendo concentraciones de 25 mg/L de SDV en promedio.

CONCLUSIONES

La colocación de un molino en un canal abierto permitió mantener oxígeno disuelto en el agua, a las condiciones de trabajo establecidas.

El acoplamiento mecánico sugerido no proporcionó la energía suficiente para mover el molino con un $Q=0.13$ L/s, solamente se vio favorecido a caudales de $Q=0.22$ L/s y 0.4 L/s; mas, la proliferación de burbujas en estas condiciones no era comparable con las burbujas generadas solamente con la agitación superficial del molino en el agua.

Las microburbujas fueron aprovechadas por microorganismos en la oxidación de la materia orgánica, presentándose remociones de un 17% en promedio, pero viéndose mejores datos para $Q=0.22$ L/s.

Este sistema puede considerarse una alternativa para ayudar a recuperar, en cierta medida, los cauces de bajo caudal dañados por exceso de materia orgánica, ya que no se requiere energía eléctrica, por tanto es accesible económicamente.



REFERENCIAS

- [1] ASCE. A Standard For The Measurement Of Oxygen Transfer In Clean Water, New York, Julio de 1984.
- [2] CNA 2010 a. Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, 2010. Edición 2010.
- [3] Jerry R. Taricska, J. Paul Chen, Yung –Tse Hung, Lawrence K. Wang and Shiai-Wen Zou. “Surface and Spray Aeration”. Handbook of Environmental Engineering, Vol 3: Biological Treatment Processes. Springer, in 1986. Edited by L.K. Wong *et al.* C. The Humana Press, Totowa, NJ. pp. 151.
- [4] Michael J. Moran & Howard N. Shapiro, 2004. “Fundamentos de termodinámica técnica”, 2da edición. Editorial REVERTÉ. Barcelona, España, 2004. Cap 2. pp. 35.
- [5] Ramalho, 1983. Tratamiento de aguas residuales. Faculty of Science and Engineering, Laval University. Quebec, Canada. Editorial Reverté, S.A. de C.V. Barcelona, Bogotá, Buenos Aires, Caracas, México.
- [6] Steven Chapra C., 1997, *Surface Water-Quality Modeling*, Mac Graw Hill, EUA.
- [7] Pedro Fernández Díez. “Turbinas Hidráulicas”. Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética. Universidad De Cantabria. (4/02/2013) <<http://www.termica.webhop.info/>>

[Indice](#)



Prototipo Didáctico para el Análisis de Sedimentación Floculante

¹Hilda Patricia Medina Caballero, ²José Luis García Rivas, ²Ma. Guadalupe González Gómez, ²Miriam González Cuéllar

¹Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica. Instituto Tecnológico de Toluca. Av. Tecnológico s/n. Fracc. Exrancho La Virgen. C.P.52149. Metepec, Estado de México. Tel:(722)2087218. Correo electrónico: patymedina_c@yahoo.com.mx.

²Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica. Instituto Tecnológico de Toluca

RESUMEN

Dentro de las áreas de ingeniería, la realización de prácticas usando prototipos didácticos facilita el aprendizaje de los conceptos adquiridos en el aula. En este trabajo se presenta la columna de sedimentación construida para que los estudiantes de Ingeniería Química, cursando el módulo de especialidad en Ingeniería Ambiental, lleven a cabo el análisis de sedimentación para partículas floculantes en el laboratorio y así poder obtener de forma experimental los datos necesarios para el dimensionamiento del clarificador. Es importante mencionar, que no se dispone de alguna relación matemática para representar adecuadamente el efecto de la floculación durante la sedimentación, siendo necesario evaluar este efecto mediante un análisis de sedimentación en columna. El material elegido para su construcción fue acrílico transparente, por su resistencia, flexibilidad y costo accesible. La altura elegida fue de 1 metro, en contraste con las columnas comerciales, cuyo tamaño oscila entre 2 y 3 metros. Se decidió construir de menor altura, considerando que su finalidad es el uso didáctico; facilitándose el manejo de la columna, así como el transporte y disposición de la muestra, generalmente agua residual. El diámetro recomendado por la bibliografía especializada es de 15 a 30 cm, eligiéndose un valor de 16.5 cm. La columna posee, además tres válvulas de tipo grifo para llevar a cabo la toma de muestras.

Palabras Clave: *Columna de sedimentación, Floculación, Partículas, Tratamiento de aguas.*

1. INTRODUCCIÓN

Durante el proceso de enseñanza-aprendizaje en las áreas de la ingeniería, debe existir una estrecha relación entre la teoría y la práctica en el laboratorio, ya que es a través de los diversos experimentos donde se consolidan los conceptos vistos en el aula. Al comparar los porcentajes dados en [1], acerca de que se aprende el 10% de lo que se *lee* y el 20% de lo que se *oye*, contra el aprendizaje del 50% de lo que se *ve* y *oye*, y el 90% de lo que se *dice* mientras se *hace*; hace evidente la importancia de implementar prototipos didácticos a través de los cuales el estudiante pueda *ver* y *hacer*. El término prototipo didáctico hace referencia a un equipo o software educativo cuya finalidad es facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje [2]. Por lo tanto, el uso de prototipos didácticos puede ser una herramienta útil para facilitar la integración de los conceptos teóricos mediante la práctica experimental; sin embargo, en ocasiones, su costo elevado puede limitar su adquisición. Una alternativa viable en las instituciones educativas, es buscar construir sus propios prototipos didácticos con materiales de bajo costo y fácil adquisición, para hacerlos más accesibles.

La licenciatura en Ingeniería Química del Instituto Tecnológico de Toluca (ITT), cuenta con la especialidad en Ingeniería Ambiental, donde se estudian los diferentes tipos de sedimentación que pueden suceder en función de la concentración y tendencia a la interacción de las partículas, siendo uno de ellos la *Sedimentación floculante*. Esta clase de sedimentación, denominada también como Tipo II, se caracteriza porque las partículas tienden a agregarse durante la sedimentación, es decir ocurre el fenómeno de floculación. Al unirse, la masa de partículas aumenta, y los flóculos formados tienden a retener agua, alterando su densidad, todo lo anterior provoca que los sólidos aglomerados se depositen con mayor rapidez. Para calcular la velocidad de sedimentación de partículas floculantes, no se puede usar la ecuación de Stokes, porque como ya se indicó, al estar cambiando constantemente de tamaño, la velocidad con la que sedimentan también varía. En términos generales, la velocidad de asentamiento aumenta con la profundidad y el grado de floculación.



Desafortunadamente, ninguna ecuación matemática describe en forma adecuada el efecto de estas variables, por lo tanto, se recurre a ensayos de sedimentación en laboratorio o plantas piloto, con el objetivo de obtener las eficiencias teóricas de remoción y poder determinar los datos de diseño para este tipo de sistemas. El comportamiento tipo II ocurre principalmente durante la decantación primaria y en los procesos de coagulación-floculación con sales de hierro o aluminio [3] - [5].

Los ensayos se realizan usando una columna de sedimentación. [6] recomienda un diámetro mínimo de 12.7 cm (5 pulgadas) con el fin de minimizar los efectos de pared, siendo los diámetros más usuales entre 20 y 30 cm. La altura debe ser aproximadamente la misma que la del tanque a diseñar, ya que como se mencionó en el párrafo anterior, la velocidad de las partículas floculantes es función de la profundidad, por lo tanto, las alturas de las columnas de sedimentación comúnmente oscilan desde 1.8 hasta 3.0 m. Los orificios de muestreo se suelen colocar a intervalos regulares de 0.50 o 0.60 m. El análisis de sedimentación consiste en colocar la suspensión a estudiar en la columna, y a intervalos regulares de tiempo, tomar muestras de los orificios y así calcular los porcentajes de eliminación de sólidos suspendidos para cada una de las diferentes profundidades e intervalos de tiempo. Posteriormente se trazan las curvas de igual eliminación porcentual (gráfica de isorrendimiento), obteniéndose los tiempos, cargas superficiales y porcentajes de remoción total para cada curva. Una vez que se conoce la relación entre el porcentaje de remoción total con respecto al tiempo y carga superficial, es posible establecer los parámetros de diseño para lograr una determinada eficiencia en la operación de sedimentación [4], [7].

En este trabajo se presenta el diseño y construcción de un prototipo didáctico, que consiste en una columna de sedimentación, por medio de la cual los estudiantes pueden llevar a cabo el análisis de sedimentación de partículas floculantes en el laboratorio, y así conseguir de forma experimental los datos necesarios para la elaboración de las curvas de igual eliminación porcentual para el dimensionamiento de un clarificador.

2. METODOLOGIA

La metodología se dividió en dos partes, en la primera se presentan los aspectos relativos al diseño de la columna y posteriormente se desarrolla la práctica de laboratorio para realizar el análisis de sedimentación floculante con el prototipo construido.

2.1 Diseño de la columna de sedimentación

Para llevar a cabo el diseño de la columna de sedimentación, se tomaron en consideración 3 aspectos principales: el material, las dimensiones y los puntos de muestreo. Con respecto al material se analizaron características como resistencia, durabilidad y transparencia; además de ser ligero, con cierta flexibilidad, sin rugosidad, fácil de conseguir, y de bajo costo. Para elegir las dimensiones adecuadas, se investigaron los diámetros y alturas de las columnas recomendadas por la bibliografía especializada (mencionadas en la Introducción), pero tomando en consideración que el objetivo era el uso con fines didácticos. En función de la altura elegida, se determinó la distribución de los orificios de muestreo, así como el tipo de válvulas [8].

2.2 Práctica de laboratorio: Análisis de sedimentación floculante.

En este apartado se siguió la metodología propuesta en [4] y [7], adaptada para la columna construida como prototipo didáctico.

A continuación se mencionan los pasos para realizar el análisis de sedimentación en la columna. Se utilizaron 22 litros de agua residual, el muestreo se llevó a cabo conforme lo indicado en la norma mexicana NMX-AA-003-1980 [9]. El agua



residual fue vaciada con cuidado a la columna y se agitó de forma manual con una varilla de vidrio lo suficientemente larga para poder alcanzar el fondo de la columna. Una vez que el agua en la columna fue homogeneizada, se tomaron 100 mL de muestra para determinar la concentración inicial de sólidos suspendidos totales (SST_{inic}) siguiendo el procedimiento de la norma mexicana NMX-AA-034-SCFI-2001 [10]. Se procedió a agitar nuevamente el agua, suspender la agitación y comenzar el análisis de sedimentación, tomando 30 mL de muestra de cada uno de los puntos de muestreo en los siguientes tiempos: 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 y 80 minutos. A continuación, se determinó el contenido de sólidos suspendidos totales para cada muestra (SST_i) según [10], y con la ecuación (1) se calculó el porcentaje de SST eliminados ($\% SST_{elim}$):

$$\% SST_{elim} = \frac{SST_{inic} - SST_i}{SST_{inic}} \times 100\% \quad (1)$$

Todas las concentraciones de SST fueron expresadas en mg/L. A continuación, se trazó la gráfica de isorrendimiento, y para cada curva, se leyeron los tiempos de retención (t_r) en el punto donde dicha curva intersecta el eje del tiempo. La carga superficial (v_o) y el porcentaje de remoción total ($\%R_T$) fueron calculados con las ecuaciones (2) y (3):

$$v_o = \frac{H}{t_r} \quad (2)$$

$$\%R_T = \left(\frac{\Delta h_1}{H} \right) \left(\frac{R_1 + R_2}{2} \right) + \left(\frac{\Delta h_2}{H} \right) \left(\frac{R_2 + R_3}{2} \right) + \dots + \left(\frac{\Delta h_n}{H} \right) \left(\frac{R_n + R_{n+1}}{2} \right) \quad (3)$$

Donde:

v_o = carga superficial, en m^3/m^2 día.

t_r = tiempo de retención, en días.

H =altura de la columna, en metros.

Δh_i =distancia vertical entre 2 curvas de isorrendimiento sucesivas (R_i), en metros (ver Figura 1).

A partir de los resultados anteriores, se construyeron las gráficas de $\%R_T$ versus tiempo de retención y $\%R_T$ versus carga superficial, para poder obtener los parámetros teóricos para el diseño del sedimentador en función de la eficiencia deseada.

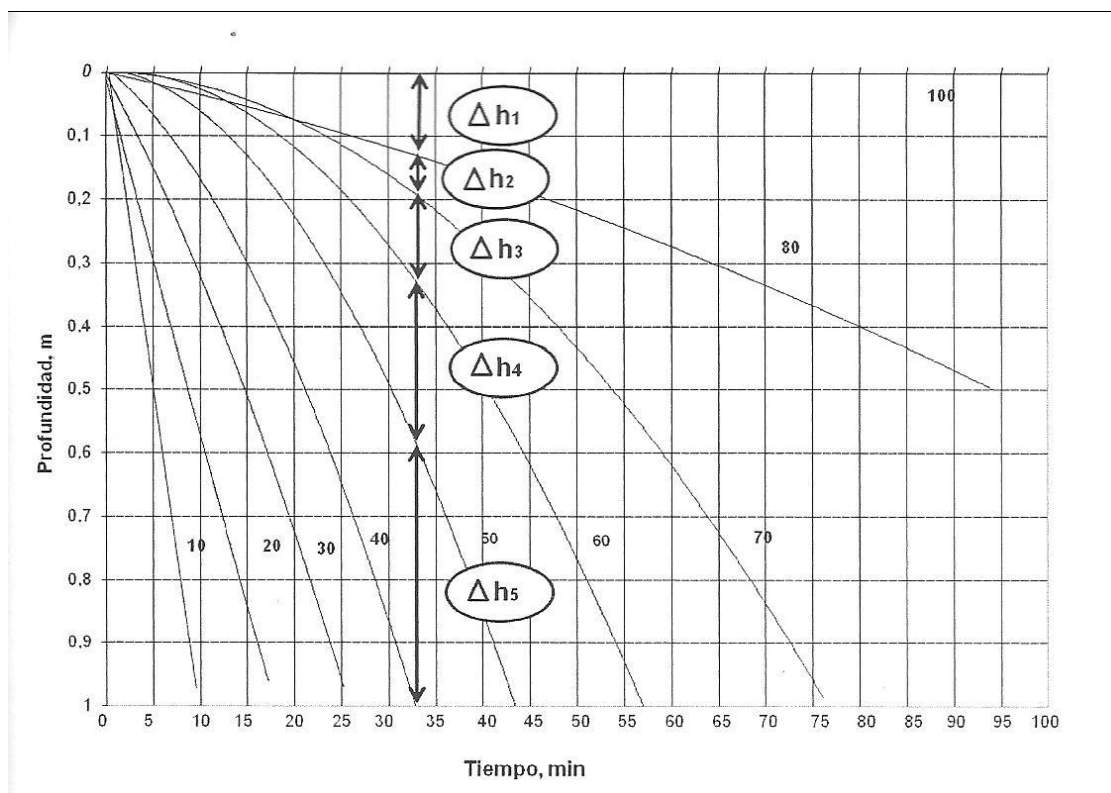


Figura 1. Curvas de isorrendimiento [8].

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Diseño de la columna de sedimentación

Para la elección del material se consideró que su superficie fuera libre de rugosidades para evitar acumulación de partículas en las paredes de la columna y reducir interferencias en el proceso de sedimentación, optándose por acrílico transparente, por su flexibilidad, resistencia y costo moderado. La altura elegida fue de un metro, considerando su uso con fines didácticos y para reducir las complicaciones que implica el transporte del agua, su disposición final, así como la limpieza de la columna. El diámetro fue de 16.5 cm, considerando que el diámetro mínimo recomendado es de 15 cm para columnas de 2 a 3 metros. Para la toma de muestras se colocaron 3 válvulas tipo grifo de plástico, a una distancia de 25 cm, y la distribución fue no lineal para la obtención de muestras representativas (Figura 2).

3.2 Práctica de laboratorio: Análisis de sedimentación floculante.

El experimento fue realizado con una muestra simple de agua proveniente del canal a cielo abierto localizado en la esquina de Av. Lerma y Av. Buenavista en el municipio de San Mateo Atenco, Estado de México. El contenido inicial de SST en el agua fue de 290 mg/L y las concentraciones de SST para las diferentes profundidades y tiempos fueron determinados por filtración y gravimetría según [10]. Con los datos anteriores y la ecuación (1) se calcularon los porcentajes de SST eliminados, y se trazaron las curvas de isorrendimiento (Figura 1) siguiendo el procedimiento indicado en [4] y [7]. Se leyó de la gráfica el tiempo de retención para cada curva (ej.; el tiempo de retención fue de 32.7

minutos para la curva del 40%); y aplicando las ecuaciones (2) y (3) se obtuvieron las cargas superficiales y porcentajes de remoción total. A continuación se realizaron las Figuras 3 y 4, donde se muestra como varía la eficiencia o remoción total en función del tiempo y la carga superficial, respectivamente. Con estas gráficas es posible obtener el tiempo de retención y la carga superficial para una determinada eficiencia. Por ejemplo, si se desea lograr una eficiencia del 55%, el tiempo de retención teórico sería de 28 minutos y la carga superficial de $46 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ día}$ [8].



Figura 2. Columna de sedimentación del ITT.

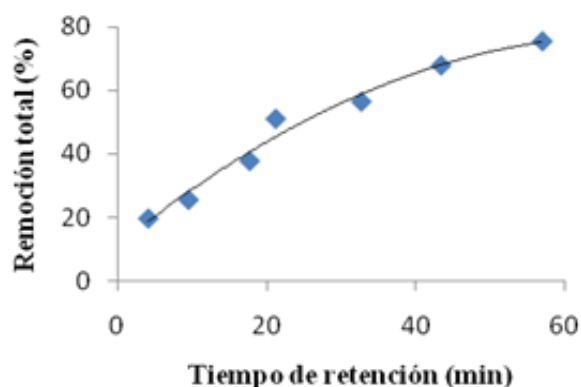


Figura 3. Variación de la eficiencia en función del tiempo [8].

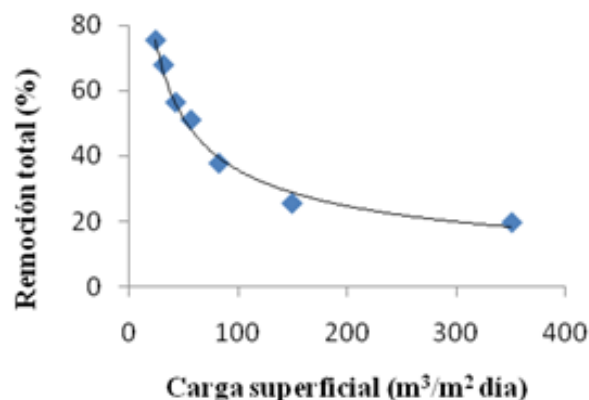


Figura 4. Variación de la eficiencia en función de la carga superficial [8].

4. CONCLUSIONES

La sedimentación de partículas floculantes es un proceso cuyo comportamiento no puede ser expresado mediante modelos matemáticos que faciliten su diseño, por esta razón, la bibliografía especializada recomienda realizar estudios a nivel laboratorio o planta piloto de las suspensiones problema en columnas de sedimentación, y de esta manera adquirir datos sobre la variación de la concentración de sólidos en función de la profundidad y el tiempo.

La oportunidad de contar con una columna de sedimentación en el laboratorio, adquiere especial importancia a nivel didáctico al permitir al estudiante *observar* el fenómeno de coalescencia y asentamiento de las partículas, así como *llevar a cabo* el experimento, facilitándose el aprendizaje, ya que no sólo *lee* y *escucha* sobre el tema. Además, el alumno a



través de un prototipo didáctico, aprende a obtener de forma experimental los parámetros necesarios para el diseño de un sedimentador, siguiendo la misma metodología usada para una columna de mayor altura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Guevara López, P., Falcón López, J. S., Sandoval Gómez, R. J., Medel Juárez, J. J. 2009. "Equipos didácticos industriales en el modelo educativo de los Cecati". *Innovación Educativa*. Vol. 9(48). pp. 73-75.
- [2] Secretaría de Educación Pública (SEP), Dirección General de Centros de Formación para el Trabajo (DGCFT). 2005. (Fecha de consulta 20 de junio del 2014). http://intranet.sems.gob.mx/res/SEIT/oordinaciones_estat_Ress_Repositorio_de_documentos/794?fid=1&tipo=applicattion/msword&filename=PROTOTIPOS%20DID%CICTICOS_especificaciones2005ok.doc.
- [3] Davis, M. L., Masten, S. J. *Ingeniería y ciencias ambientales*. 1ª edición. 2005. Mc Graw Hill. México, D.F. 750 pp.
- [4] Metcalf & Eddy, Inc. *Ingeniería sanitaria. Tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales*. 2ª edición. 1985. Labor. Barcelona. 969 pp.
- [5] Maldonado Yactayo, V. 2009. (Fecha de consulta 18 de junio del 2014). <http://cdam.minam.gob.pe:8080/bitstream/123456789/109/9/CDAM0000012-8.pdf>
- [6] Eckenfelder, W. W. *Industrial water pollution control*. 3rd edition. 2000. Mc Graw Hill. China. 584 pp.
- [7] Ramalho, R.S. *Tratamiento de aguas residuales*. 2ª edición. 1991. Reverté. Barcelona. 707 pp.
- [8] González Cuellar, M., González G., M. G. *Diseño y construcción de una columna de sedimentación*. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico de Toluca. Metepec, Méx. 67 pp.
- [9] Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. NMX-AA-003-1980. *Norma Mexicana. Aguas residuales- Muestreo*. 8 pp.
- [10] Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. NMX-034-SCFI-2001. *Norma Mexicana. Análisis de agua- Determinación de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas- Método de prueba*. 18 pp.

[Índice](#)



Evaluación del proceso O_3/UV como Tratamiento Terciario de Aguas Residuales Industriales para la Degradación de la DQO

¹Giovany Meneses Estrada*, Julio César González Juárez, Ma. Guadalupe Macedo Miranda

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Toluca, Av. Tecnológico s/n Fraccionamiento La Virgen, Metepec, Estado de México, CP. 52149, México, giovany_meneses_estrada@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue degradar la materia orgánica contenida en aguas residuales industriales empleando el proceso O_3/UV . Para ello se implementó un sistema de tratamiento por lotes, que está integrado por un reactor con una capacidad de 19 L, equipado con una lámpara UV a longitud de onda de 254 nm y un generador de O_3 .

Se empleó filtración rápida en un lecho multimedio como pretratamiento de la muestra, el cual disminuyó la turbiedad lo que hace más eficiente el proceso UV. El agua tratada por filtración se empleó en los experimentos de degradación, sin embargo debido a la alta carga orgánica se emplearon diluciones al 10 y 30%, en los cuales se modificó el valor inicial de pH a valores de 7, 8 y 9. Para el proceso se empleó un flujo de O_3 de 7.08 L/min con producción de ozono de 0.033 g O_3 /min y una lámpara UV con potencia de 29 W. Se tomaron muestras cada 10 minutos hasta completar 2 horas de tratamiento. Al finalizar el proceso de filtración y degradación O_3/UV se obtuvo una disminución de 78.4 % de turbiedad y del 100 % de la DQO, lo que hace eficiente el uso de este proceso para las condiciones mencionadas.

Palabras Clave: Filtración, Fotodegradación, Materia orgánica, Ozono.

1. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural indispensable, el cual desempeña un papel importante para el desarrollo económico y como soporte de la vida y los sistemas ecológicos. El abuso de este recurso ha provocado un fuerte rezago en relación con la creciente demanda. De la misma manera, la evaluación de las características del agua es indispensable para poder orientar esfuerzos que favorezcan su tratamiento y reutilización, pues el vertido al ambiente de las aguas residuales industriales, es un tema actual y de importancia, ya que deben de obtenerse efluentes de tratamiento de alta calidad con el fin de prevenir los efectos sobre el medio, pues la presencia de contaminantes orgánicos en efluentes de origen industrial está ocasionando daños al ambiente, debido a la resistencia que estos presentan para ser eliminados mediante tratamientos convencionales ya sean físicos, químicos o biológicos [4].

Con frecuencia, el tratamiento biológico es una buena opción para asegurar estos límites, pero a veces, debido a la presencia de sustancias tóxicas o contaminantes biorecalcitrantes, no es suficiente para garantizar el tratamiento completo y una tecnología de refinación debe añadirse al proceso de tratamiento [2].

Ante la necesidad de encontrar alternativas medio ambientales sostenibles, los procesos de oxidación avanzados (POA's) han despertado un gran interés para ser considerados como alternativa; estos se caracterizan por la formación de especies oxidantes como los radicales hidroxilo ($HO\bullet$), los cuales han sido ampliamente estudiados para el tratamiento de contaminantes orgánicos peligrosos y/o tóxicos, refractarios e inorgánicos. Los POA's involucran principalmente la combinación de agentes oxidantes, por ejemplo: con luz ultravioleta (UV) y ozono (O_3) [1]. La ozonización como tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales ha sido objeto de importantes investigaciones, debido a que su uso promete ser una alternativa muy efectiva de desinfección y oxidación de materia orgánica, influyendo en el mejoramiento de la calidad de estas.

Con base en lo anterior, el objetivo de este proyecto fue implementar un sistema por lotes para degradar la materia orgánica contenida en aguas residuales industriales empleando el proceso O_3/UV , con muestra del efluente antes de la cloración de una planta de tratamiento que recibe las descargas de empresas de diferentes giros. Esta planta de tratamiento



funciona mediante un sistema de lodos activos, sin embargo por la composición del efluente existen compuestos persistentes que son difíciles de biodegradar, provocando ineficiencias en el proceso.

2. METODOLOGÍA

Las muestras de agua residual industrial (ARI) se obtuvieron de una planta de tratamiento de aguas residuales industriales, localizada al final del parque industrial Toluca-Lerma, México. Esta planta de tratamiento recibe una descarga industrial de 165 empresas de diferentes giros: alimenticio, químicos, metal- mecánico, automotriz, farmacéuticas, textil, pinturas y plásticos. Las muestras fueron recolectadas en el efluente de los tanques clarificadores secundarios y antes del tratamiento de cloración.

2.1 Pretratamiento de la muestra

Para el pretratamiento de la muestra se llevó a cabo la filtración de 200 litros de ARI por muestreo en un filtro multimedio, como pretratamiento para la disminución de sólidos suspendidos totales (SST) y turbiedad. La filtración se realizó sin modificar las condiciones iniciales de cada muestra a un flujo de 5 L/min.

2.2 Diseño y construcción del reactor

Para el tratamiento O_3 /UV se implementó un sistema de tratamiento que consta de un reactor de fotodegradación por lotes, con una capacidad de 19 L, en la parte inferior el reactor cuenta con una entrada por donde se inyecta el O_3 , conectada mediante una interface de un medidor de flujo y una válvula de retención a un generador de O_3 PROZONE®, modelo PZ2-4V, el cual tiene una generación de O_3 de 0.033 g O_3 /min y se alimenta de aire seco proveniente de un compresor, así mismo existe la entrada del influente y una toma de muestras que permite extraer alícuotas a diferentes tiempos para poder, mediante las diferentes técnicas, determinar los parámetros de evaluación que son el pH, turbiedad y DQO.

También se tiene en el interior del reactor una lámpara UV a una longitud de onda de 254 nm (29 W) y una salida en la parte superior conectada a dos trampas de yoduro de potasio (KI) al 5% v/v que permite la retención del O_3 residual.

2.3 Filtración

Después del tratamiento O_3 /UV, se empleó una filtración posterior al proceso, en papel filtro de nitrocelulosa con tamaño de poro de 45 μ m y 25 mm de diámetro.

2.4 Medición de ozono residual

Para medir el ozono residual en solución acuosa se empleó el método EPA-4500- O_3 , el cual está basado en la oxidación del índigo trisulfato, provocando una coloración azul, la cual es medida mediante su absorbancia a 600 nm. Se utilizaron soluciones de potasio índigo trisulfato, soluciones de ácido malónico para enmascarar Cl y Br, así como soluciones de glicina para enmascarar Mg.

2.5 Métodos de análisis

La eficiencia de remoción del sistema es en términos de la DQO, la determinación de los parámetros fisicoquímicos: DQO, turbidez y pH, se realizaron de acuerdo a la normatividad mexicana vigente.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó la caracterización fisicoquímica de las muestras de ARI de acuerdo a la normatividad vigente. Las muestras fueron nombradas como M 1, M 2, M 3 y M 4 de acuerdo a la fecha de muestreo correspondiente.

3.1 Pretratamiento de la muestra

Respecto a la Tabla 1 donde se observa la disminución de la turbiedad de las diferentes muestras, podemos observar que existe una disminución de materia orgánica durante el pretratamiento, demostrado por la DQO cuyos resultados se reflejan en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados del comportamiento de la turbiedad y DQO durante el pretratamiento

Muestras	Turbiedad (NTU)		Remoción de turbiedad (%)	DQO (mg/L)		Remoción de DQO (%)
	EPA 180			Influyente	Efluyente	
	Influyente	Efluyente				
M 1	—	—	—	4107.60	—	—
M 2	17.2	3.71	78.40	1137.30	785.4	30.94
M 3	13.3	7.38	44.51	865.00	800.00	7.50
M 4	43.6	8.82	79.77	708.00	651.36	8.00

El perfil de comportamiento de la DQO muestra que cierta fracción de materia orgánica (MO) dentro de la muestra es retenida por el filtro multimedio, por lo que se observa una disminución de MO al igual que en la turbiedad. Tomando estos dos parámetros como referencia se opta por la filtración rápida como pretratamiento del proceso O_3/UV y así no afectar en cierto grado la eficiencia de éste.

3.2 DQO

Cabe destacar que dentro de los resultados obtenidos de las pruebas realizadas para la degradación de la MO, se encontró el mejor tiempo de tratamiento y pH para una degradación del 100% de la DQO, este resultado lo observamos en la Figura 1, donde los parámetros son un pH de 8, a 60 minutos de tratamiento en una dilución al 10%.

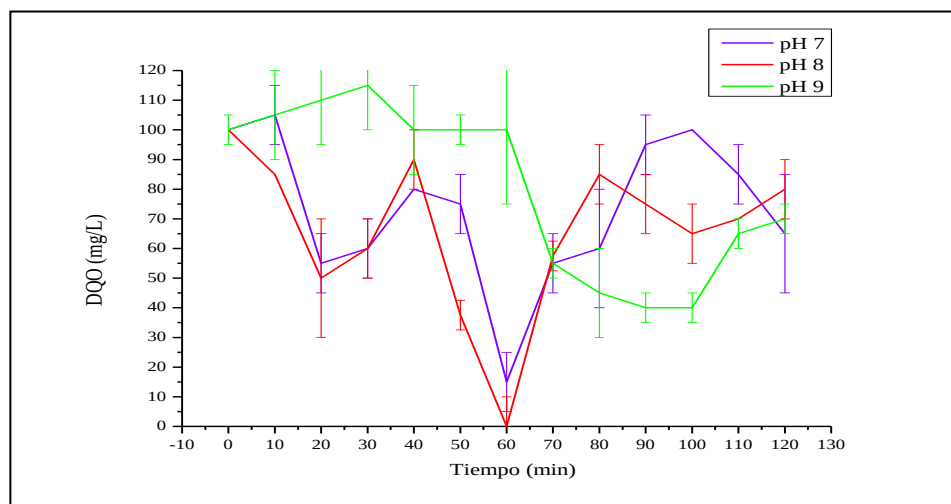


Figura 1. Comportamiento de la DQO durante el proceso O_3/UV

En la Figura 1 se observa una inestabilidad en las concentraciones de DQO a lo largo del tratamiento de O_3/UV , un comportamiento similar lo presenta la turbiedad, este perfil de comportamiento en ambos parámetros es debido a la aparición y formación de compuestos carbonílicos como subproductos del proceso en estudio [3].

3.3 Turbiedad

En la Figura 2, se presentan los resultados de la turbiedad de las pruebas realizadas con la muestra M 3 a pH 7, 8 y 9, trabajando con una dilución al 10% y 120 minutos de tratamiento.

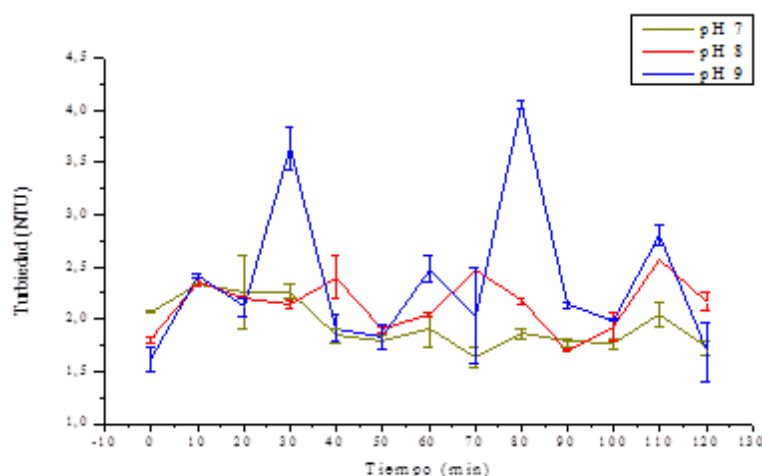


Figura 2. Comportamiento de la turbiedad durante el proceso O_3/UV

La eliminación de la turbiedad es indispensable, debido a los problemas ecológicos que ésta puede ocasionar en el medio, por ello este tratamiento, en el cual la turbiedad al minuto 60 y pH 8, de la eliminación de la DQO en un 100%, es de 2.04 NTU sin filtración y 0.66 NTU empleando la filtración en papel filtro.

3.4 pH

De acuerdo a los resultados del monitoreo del pH durante el tratamiento, se establece que el pH tiene un marcado efecto en la dinámica del comportamiento de la degradabilidad de la DQO, en la turbiedad y en la acumulación de productos finales del proceso O_3/UV de la muestra estudiada.

3.5 Ozono residual

En las pruebas se realizó la medición del O_3 residual mediante el método índigo, en la cual se establecen los resultados de dos de los intervalos de concentración los cuales son denominados como “A” para 0.01 - 0.1 mg O_3/L y “B” para 0.05 - 0.5 mg O_3/L , los resultados se muestran en la Figura 3.

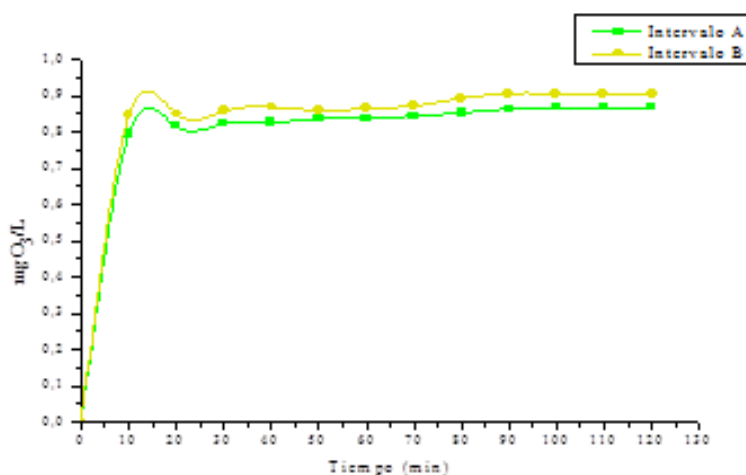


Figura 3. Comportamiento del O₃ residual durante el proceso O₃/UV

El comportamiento del O₃ residual es el mismo al paso del tiempo en ambas muestras, la mayor concentración medida no supera 1.0 mg O₃/L dado que es de 0.91 mg O₃/L.

4. CONCLUSIONES

Las condiciones óptimas hasta el momento para la eliminación del 100% de la DQO de la muestra diluida al 10 % es a un pH de 8, con un tiempo de reacción de 60 minutos y un flujo continuo de O₃ de 7.08 L/min con una generación de O₃ de 0.033 g O₃/min y empleando radiación UV de 254 nm de λ .

El reactor de fotodegradación diseñado y construido en este trabajo, resultó ser eficaz para cumplir con la eliminación del 100% de la DQO de la dilución al 10% de la muestra de agua residual bajo estudio.

De manera general se puede decir que la descomposición del ozono en fase acuosa se lleva a cabo en mayor cantidad en medio básico, a un pH de 8 para la muestra bajo estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Balcioglu, A. I., Alaton, I. A., Ötoker, M., Bahar, R., Bakar, N., Ikiz, M. (2003). "Application of advanced oxidation processes to different industrial wastewaters", *Journal of Environmental Science and Health*, Vol. 38 (8), pp. 1587-1596.
- [2] Hernández O. M., Ponziak T., Barrera D. C., Rodrigo M. A., Roa M. G., Bilyeu B. (2010). "Use of a combined electrocoagulation-ozone process as a pre-treatment for industrial wastewater". *Desalination*, Vol. 250, pp. 144-149.
- [3] Papageorgiou A., Voutsas D., Papadakis N. (2014). "Occurrence and fate of ozonation by-products at a full-scale drinking water treatment plant". *Science of the Total Environment*, Vol. 481, pp. 392-400.
- [4] Sharma, S., Ruparelia, J. P., Patel, M. L. (2011). "A general review on advanced oxidation processes for waste water treatment", *International conference on current trends in technology*. Ahmedabad, pp. 1-7.



Aplicación de Radiocatálisis en Degradación de Muestras Orgánicas Complejas

^{1,2}Anabel Moreno-López, ¹Jaime Jiménez-Becerril

¹ Instituto de Nacional de Investigaciones Nucleares, Departamento de Química. Apartado postal 18-1027, México, D.F. C.P.11801 México, 53-29-72-00 ext. 12269. jaime.jimenez@inin.gob.mx

²Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso.

RESUMEN

Se realizaron experimentos de radiólisis y radiocatálisis con radiación gamma de ^{60}Co a disoluciones de 4-clorofenol (4-CF) a diferentes concentraciones, en donde se obtuvo una degradación cercana al 100%. También se realizaron experimentos de fotocátalisis con un lámpara UV para el 4-CF donde la degradación fue del 39%, con estos experimentos se demostró que la degradación es eficiente, por lo que se procedió a experimentar con muestras de agua residual de una planta tratadora como muestra orgánica compleja en donde la radiólisis obtuvo una degradación del 26% y la radiocatálisis un 27%; en otra serie de experimentos la irradiación se hizo en intervalos de 20 kGy hasta obtener una dosis acumulada de 80 kGy, con ello se obtuvo una degradación de hasta el 70% para la radiólisis y 74% para la radiocatálisis. En la fotocátalisis de agua residual el carbono orgánico disuelto (COD) se degradó alrededor del 40 %. Todo esto con el objetivo de estudiar la aplicación de la radiación ionizante en agua residual tomando como variable de control al COD obtenido mediante un análisis espectrofotométrico.

Palabras Clave: Agua residual, Azul de metileno, Carbono orgánico disuelto, Fotocatálisis, 4-clorofenol

1. INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales industriales contienen compuestos altamente tóxicos, especialmente compuestos orgánicos recalcitrantes, los cuales inhiben los procesos de biodegradación, ya que algunos microorganismos son sensibles a estos contaminantes [1]. Además de su potencial toxicidad estos compuestos pueden causar problemas de color, olor y sabor en el agua y no pueden ser removidos por tratamientos biológicos, deben emplearse tratamientos o procesos de oxidación avanzada (TAOs o PAOs) [2] los cuales pueden usarse solos o combinados entre ellos o con métodos convencionales, pudiendo ser aplicados también a contaminantes de aire y suelos. Para medir los contaminantes en las aguas residuales en forma de componentes orgánicos se encuentran la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO) y en termino de carbono se encuentra el carbono orgánico total (COT). El carbono total se fracciona [3], en: carbono inorgánico, carbono orgánico total, carbono orgánico disuelto (COD), entre otros. En este proyecto la cantidad de contaminantes orgánicos es medida a través del COD, que es la fracción que pasa a través de un filtro de 0.45 μm de diámetro de poro y es la medida más simple de la concentración de los solutos orgánicos [4].

Los TAOs o PAOs se basan en procesos fisicoquímicos capaces de producir cambios profundos en la estructura química de los contaminantes, generan y usan especies transitorias poderosas, principalmente el radical Hidroxilo ($\text{HO}\bullet$), el cual puede ser generado mediante procesos fotoquímicos o por otras formas de energía, posee alta efectividad para la oxidación de materia orgánica [5], [6]. En estos tratamientos los radicales hidroxilo reaccionan con el contaminante y lo transforman en compuestos inofensivos al medio ambiente [7]. Algunas TAOs como la fotocátalisis heterogénea, la radiólisis y otras técnicas avanzadas recurren además a reductores químicos que permiten realizar transformaciones en contaminantes tóxicos poco susceptibles a la oxidación [5].

La fotocátalisis es un método eficaz que usa radiación ultravioleta y visible y semiconductores como el TiO_2 para el tratamiento de desechos presentes en el medio ambiente, consiste en un proceso de oxidación avanzado relacionado con el uso del radical $\text{HO}\bullet$ como oxidante principal. En la radiocatálisis, similar a la fotocátalisis conceptualmente, los radicales



generados por radiación gamma de ^{60}Co en presencia de óxidos como el TiO_2 , Al_2O_3 y SiO_2 permiten transferencias electrónicas y la generación de especies reactivas que dan lugar a la oxidación-reducción de los compuestos orgánicos. Ambos son utilizados en el tratamiento de compuestos orgánicos como diclorometano, cloroformo, fenoles y pesticidas [8].

2. METODOLOGÍA

Se realizaron curvas de calibración: se prepararon soluciones de 4-clorofenol y ácido húmico (para la obtención de la concentración del agua residual) a diferentes concentraciones y se obtuvo su absorbancia en un espectrofotómetro UV-Vis Lambda 35 de doble haz.

Las variables que se utilizaron para los experimentos de radiocatálisis fueron la concentración inicial y final de las soluciones, dosis empleada (kGy) y tiempo en el caso de fotocátalisis. La cantidad de catalizador (TiO_2 , Degussa P25) fue utilizada en relación 1:1 de acuerdo a la cantidad de muestra utilizada.

Radiocatálisis

Se prepararon muestras de 20 mL de 4-CF a las concentraciones de 1, 2.5, 5, 10 y 15 mg/L con y sin TiO_2 de muestra las cuales fueron introducidas en un irradiador Transelektro LGI-01 para ser irradiadas a las dosis de 0.5, 1, 1.5, 2 y 2.5 kGy.

Para el agua residual para una radiación constante, se prepararon muestras de 20 mL con y sin TiO_2 , se irradiaron a 10, 20, 40 y 80 kGy. Para la radiación fraccionada se prepararon muestras de 100 mL con y sin TiO_2 irradiándose a lapsos de 20 kGy y tomándose alícuotas de 15 mL hasta acumular una dosis final de 80 kGy.

Fotocatálisis

Se preparan muestras de 20 mL en viales de vidrio, las cuales se irradiaron con una lámpara UV de 8 W, con agitación y alimentación continua de oxígeno, el dispositivo está situado en un cuarto oscuro. Las muestras se dejaron estabilizar por 35 min sin luz, después de este tiempo se tomó la primera alícuota, después se procedió a encender la lámpara UV y transcurrido cierto tiempo se tomaron las demás alícuotas para su análisis.

Determinación del remanente de concentración

Después de la irradiación, las muestras que contenían TiO_2 fueron filtradas con una membrana Millipore de 0.45 μm . Para determinar el remanente de concentración, con ayuda de las curvas de calibración se realizaron lecturas en el espectrofotómetro UV-Vis Lambda 35 de doble haz, la longitud de onda tomada para el agua residual fue de 254 [3] y 507 para el 4-CF.

Para el 4-CF se desarrolló color mediante el método de la 4-aminoantipirina debido a que las soluciones de este compuesto son incoloras.

3. RESULTADOS

La curva de calibración arrojó un coeficiente de correlación de 0.9918 para el 4-CF, y de 0.997 para el agua residual.

Clorofenol

Se observó que para las concentraciones iniciales de 1 a 10 mg/L después de aplicar radiación gamma de 2 kGy el remanente de concentración es casi de cero, y para la concentración inicial de 15 mg/L es necesaria una dosis de 2.5 kGy para obtener una concentración final menor a 0.5 mg/L para la radiólisis y la radiocatálisis, como se muestra en la figura 1 y 2 respectivamente. En la figura 3 se muestra el comportamiento de la degradación por fotólisis y fotocatalisis en términos de C/C_0 el cual es un término normalizado, el tiempo de radiación UV fue de 105 minutos, en donde la concentración disminuyó alrededor de un 39%.

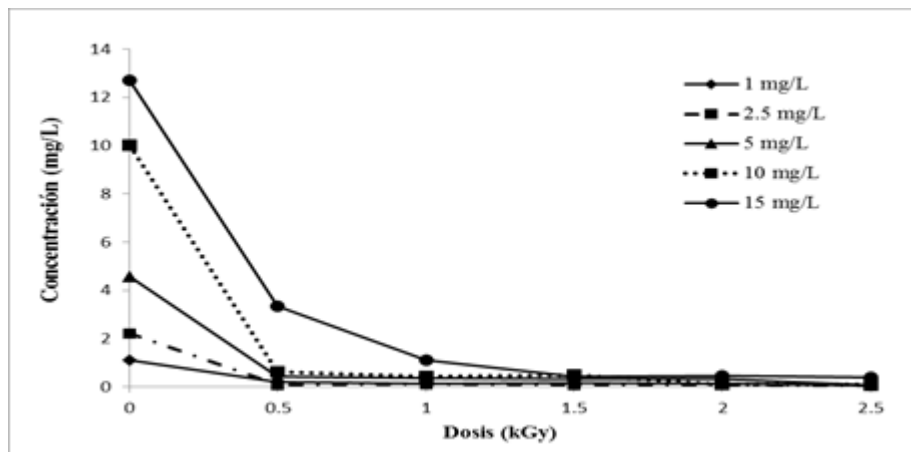


Figura 1. Degradación por Radiólisis del 4-clorofenol de 0 a 2.5 kGy

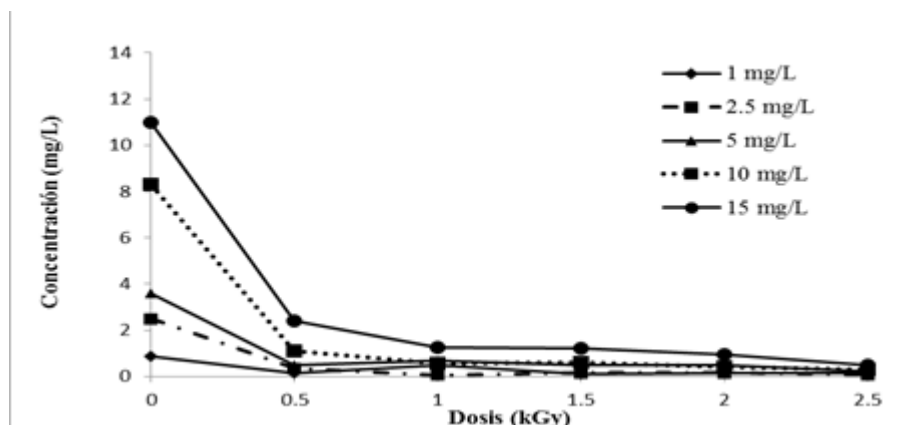


Figura 2. Degradación por Radiocatálisis de 4-clorofenol de 0 a 2.5 kGy

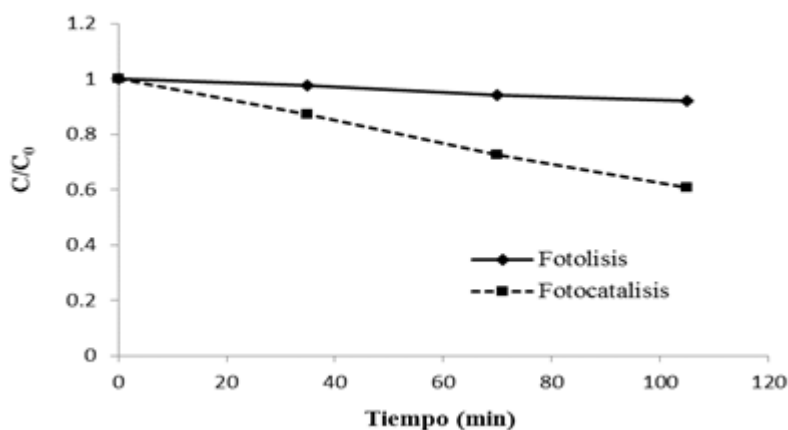


Figura 3. Degradación fotocatalítica del 4-clorofenol.

Agua residual

Las concentraciones de agua residual se expresan en términos de carbono orgánico disuelto (COD). Se obtuvo una degradación de 26% y 27% en la radiólisis y radiocatálisis continua respectivamente. En la radiólisis y radiocatálisis fraccionada se obtuvo una disminución de hasta 70% y 74% respectivamente, estos resultados se pueden observar en la figura 4. En la fotocatalisis la degradación fue cerca del 40 % después de 30 horas de radiación UV (figura 5).

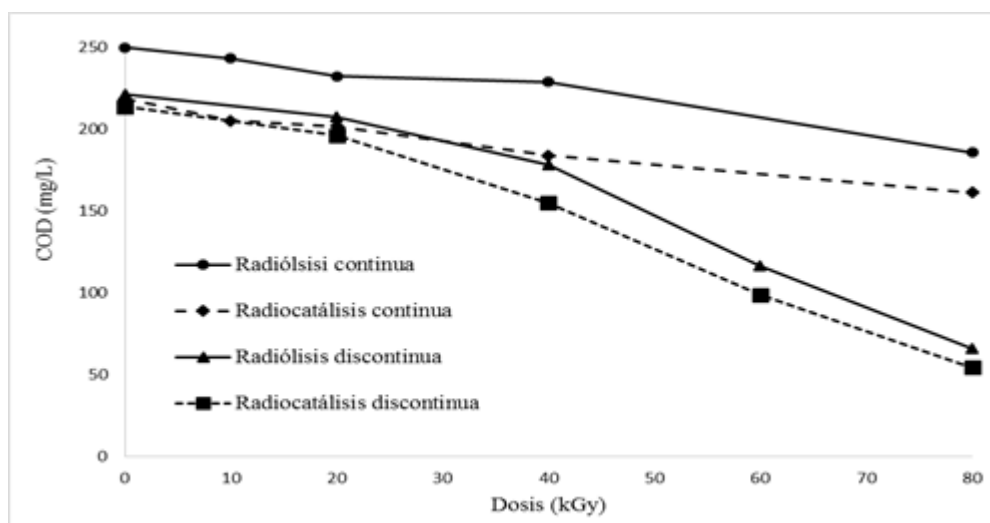


Figura 4. Radiólisis y Radiocatálisis continua y discontinua de agua residual de 0 a 80 kGy

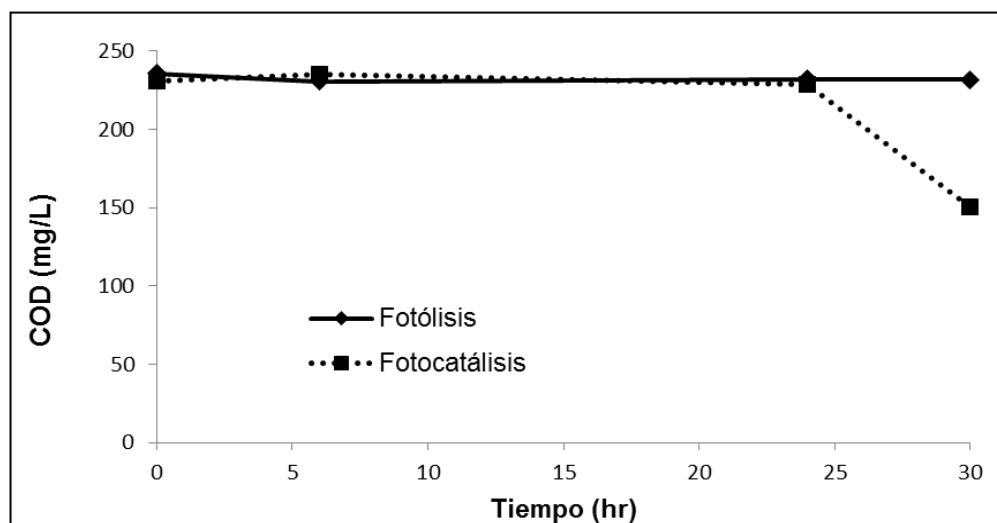


Figura 5. Degradación fotocatalítica de agua residual expresada en términos de concentración

4. CONCLUSIONES

La utilización del proceso de oxidación avanzada de radiólisis, utilizando rayos gamma de ^{60}Co resulta eficiente en la degradación de compuestos recalcitrantes en conjunto con el semiconductor TiO_2 , con dosis de 2.5 kGy para el compuesto 4-CF y para el agua residual con una dosis de 80 kGy de forma fraccionada por lo que sí es posible aplicar la radiocatálisis para la degradación de muestras orgánicas complejas

El porcentaje de remoción del COD para el agua residual en la radiocatálisis fraccionada indica que hubo mayor eficiencia en el proceso de degradación de la materia orgánica logrando un porcentaje de degradación del 74%, contra la radiocatálisis continua en donde se obtuvo una degradación del 27%.

AGRADECIMIENTOS

La investigación se desarrolló en los laboratorios del Departamento de Ciencias Básicas del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) bajo la dirección del Dr. Jaime Jiménez Becerril.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Arbeli Z. 2009. "Biodegradación de compuestos orgánicos persistentes (COP): I. El caso de los bifenilos policlorados (PCB)". *Acta biol. Colomb.*, vol 14 (1), pp. 55-86.
- [2] Linares I., Barrera Díaz C., Roa-Morales G., Ureña Núñez F. 2008. "Remoción de contaminantes biorefractarios en aguas residuales industriales mediante métodos electroquímicos". *Quivera*, vol. 10(1), pp. 1-15



- [3] AWWA, WEF, APHA. *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 21° Ed., 2005, Editorial Centennial, U.S.A. Tomo I. ISBN: 0-87553-047-8.
- [4] Allan David, J. *Stream Ecology; Structure and Function of Running Waters*. 1° Ed. 1996. Chapman and Hall, Gran Bretaña.
- [5] Doménech X., Jardim W. F. y Litter M. I. “Procesos avanzados de oxidación para la eliminación de contaminantes”. Ed. M. A. Blesa. En: *Eliminación de contaminantes por fotocátalisis heterogénea*, Comisión Nacional de Energía Atómica. 2001. Unidad de Actividad Química, Argentina. pp. 3-26
- [6] Fernández I. P. 2010. “Procesos de fotocátalisis solar para la detoxificación y descontaminación de aguas”. *Tecnia* 20(2), pp. 23-35
- [7] Zaldumbide O.F.X., Barrera D. C., 2009. “Remoción de color en aguas contaminadas con tintas, pretratadas electrónicamente mediante ozono en medio alcalino”. *Quivera*, vol. 11 (1), pp. 68-76
- [8] González-Juárez C., Jiménez-Becerril J., Cejudo-Álvarez J. 2010. “Degradation of 4-chlorophenol by gamma radiation of ^{137}Cs and X-rays”. *J. Mex. Chem. Soc.*, 54(3), pp. 157-159.

[Indice](#)



Desarrollo y Calificación de un Proyecto de Sustentabilidad a través del cambio de Empaque Secundario para Detergente en Polvo

¹Rosa Elena Ortega Aguilar, ¹Ana Karina Duarte Ledezma

¹ Instituto Tecnológico de Toluca, Av. Tecnológico S/N, Fraccionamiento La Virgen, C.P. 52149,

Metepéc, Edo. México. Tel (722) 2087218, reortega@ittoluca.edu.mx.

RESUMEN

Se presenta el trabajo realizado para sustentar la propuesta del uso de la bolsa de polietileno como empaque secundario del detergente en polvo, en sustitución del cartón corrugado, como una iniciativa de sustentabilidad para la reducción de residuos y gasto energético a lo largo de la cadena de producción. La herramienta utilizada para la identificación, organización, revisión e integración de la información fue el Análisis del Ciclo de Vida, puesto que permite evaluar los impactos ambientales durante toda la cadena de producción para ambos empaques; desde las materias primas, distribución y venta hasta la disposición final de residuos. Para aplicar esta herramienta se hicieron balances de materiales, energía e impactos; aplicados a la adquisición y procesamiento de materias primas, procesos de producción, distribución y venta y manejo de residuos y/o reciclaje para ambos empaques tomando como base una tonelada de producto, con el fin de tener una comparación entre los dos procesos e identificar cual presenta menor impacto ambiental.

Los resultados reportados muestran que, a pesar de que la bolsa de polietileno proviene de materias primas no renovables los gastos energéticos, los vertidos y emisiones al aire son menores que para el cartón corrugado tanto en el proceso de producción con materia prima virgen y material reciclado.

Concluyendo que, además de los beneficios ambientales mencionados, el cambio de los corrugados a bolsas de polietileno como empaque secundario representa una alternativa viable a los problemas de contaminación por residuos sólidos y una reducción considerable en volúmenes de empaque.

Palabras Clave: *Ciclo de vida, Reducción de residuo, Reducción de energía.*

1. INTRODUCCIÓN

Existen evidencias como calentamiento global, afectación a la capa de ozono, erosión de suelos, deforestación, desertificación y las especies en peligro de extinción del efecto de las actividades humanas que están alterando las condiciones de vida en la tierra. Esta situación ha generado cierta preocupación en la sociedad que obliga a las compañías a ofrecer productos innovadores y sustentables que permitan un manejo óptimo de los grandes volúmenes de producción que se generan día a día, tratando en lo posible de reducir los impactos ambientales generados durante su producción [1], [2].

En México el detergente en polvo sigue siendo la primera opción elegida por los consumidores que utilizan productos para lavado de la ropa, por lo que se producen grandes volúmenes de éste. Para llegar a los consumidores desde la producción hasta el punto de venta, se utilizan empaques, principalmente cajas para almacenar y transportar el producto, este empaque secundario después de cumplir su función se desecha generando grandes volúmenes de residuos [3]. Es así que una propuesta de cambio de los corrugados a bolsas de polietileno como empaque secundario podría representar una alternativa viable a esta problemática. Castellanos

En este trabajo se presenta el sustento teórico para conocer y calcular los gastos energéticos y de insumos en el proceso de fabricación de embalaje; y de esta forma evaluar la viabilidad, pertinencia, sustentabilidad para futuras propuestas de materiales y métodos de empaque alternativos.



2. METODOLOGÍA

Se realizó investigación documental, electrónica, de campo y a través de proveedores con el objetivo de obtener la información necesaria. Lo que permitió una descripción detallada de los procesos de producción de ambos materiales así como los impactos ambientales generados al agua, suelo y aire. Se utilizó la herramienta del análisis del ciclo de vida, que se lleva a cabo considerando las cadenas completas de producción, entendiendo como cadena de producción al conjunto de productos y procesos que a partir de una materia prima dada conducen a un producto específico de forma integrada [4]. Para realizar los cálculos de CV del cartón corrugado, se tomó como base de cálculo de 1 tonelada de consumo a la semana y de acuerdo a las etapas de trascendencia ambiental del ACV [5]. Aplicado a los empaques, se establecieron los diagramas presentados en la Figura 1, siendo las etapas de análisis la *adquisición, procesamiento de materias primas y producción de envases, distribución y venta y la de manejo de residuos y/o reciclaje*, que a continuación se describen.

2.1. Adquisición, procesamiento de materias primas y producción de envases

Se calcularon el consumo de energía y los impactos tomando la información recopilada [5]- [8], siendo la base considerada una tonelada por semana, el principal proveedor de cartón corrugado manifestó que el 60% de sus corresponde a material virgen y 40% fibras recicladas, por lo que se hizo el cálculo aplicado a material virgen y en mezcla con reciclado.

2.2. Distribución y venta

Se calcularon las emisiones de CO₂ generadas durante el transporte desde la salida del empaque del proveedor a la entrega al centro de distribución del cliente; primero se tomó la distancia promedio desde el lugar dónde se encuentran los proveedores a la planta, después al almacén temporal, terminando el ciclo de vida del empaque secundario cuando se entrega el producto terminado al centro de distribución del cliente principal, correspondiendo a éste la posterior distribución a toda la República Mexicana. Las determinaciones se realizaron empleando la ecuación 1 [9].

$$\text{Emisión de CO}_2 = (\text{distancia recorrida} / 3.8 \text{ km/L}^1) (2.63 \text{ kg de CO}_2^2) * (\text{Núm de tráilers}) \quad (1)$$

¹ Rendimiento de combustible es de 3.8 km/L (diesel)

²La quema de un litro de diesel produce 2.63 kg de CO₂

2.3. Manejo de residuos y/o reciclaje

Para esta etapa del ACV, se asumieron las distancias promedio que separan las plantas de los proveedores correspondientes con el principal centro de acopio respectivo. Se calcularon las emisiones de CO₂ como en el apartado anterior, empleando la ecuación 1.

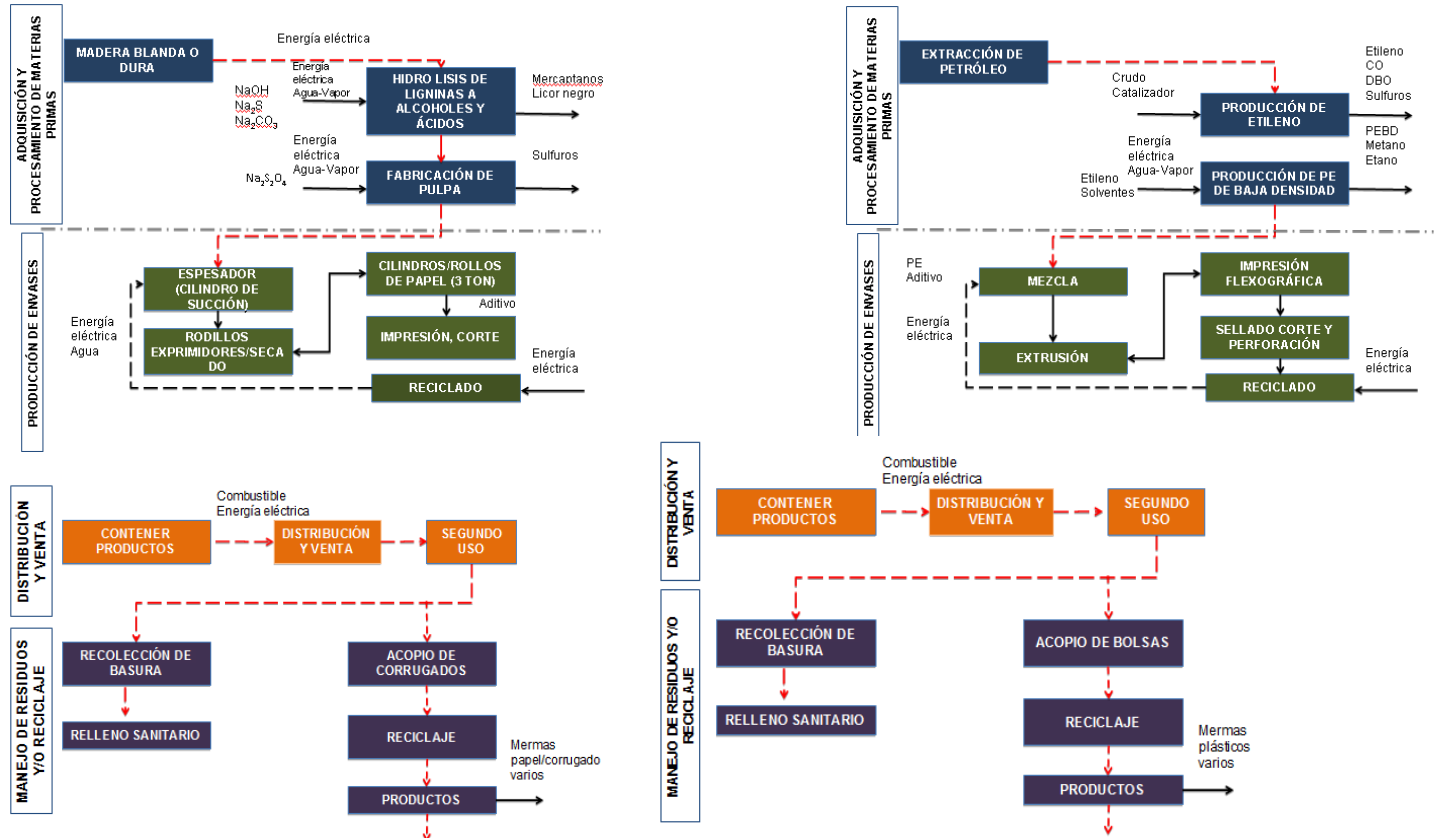


Figura 1. Ciclo de vida de cartón corrugado y bolsa de polietileno

2.4. Pruebas de funcionalidad en el laboratorio.

Se realizaron pruebas en el laboratorio a fin de comparar la reducción de tamaño del empaque secundario y terciario, mediante las dimensiones del empaque secundario y terciario, se calculó el cubicaje total con las ecuaciones 2 y 3, contrastándolos para evidenciar las diferencias entre empaques tanto para el secundario como para el empaque terciario.

$$\text{Cubicaje}_{\text{empaque secundario}} = (\text{Largo} * \text{ancho} * \text{alto}) \quad (2)$$

$$\text{Cubicaje}_{\text{empaque terciario}} = (\text{Cubicaje}_{\text{empaque secundario}} * \text{número de unidades venta totales}) \quad (3)$$

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los resultados obtenidos del análisis de los consumos energéticos y las emisiones generadas durante el proceso de fabricación de los empaques cartón corrugado y bolsa de polietileno en los diferentes aspectos del ciclo de vida

3.1. Adquisición, procesamiento de materias primas y producción de envases

Para el análisis de este aspecto del CV se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 1 donde se hace la comparación entre la fabricación de una tonelada a partir de material virgen para ambos empaques secundarios.

Tabla 1. Comparación de procesos de fabricación y emisiones de empaques secundarios cartón corrugado y bolsa de polietileno

Parámetro	Corrugado	Bolsa de polietileno
Materia prima	2200 kg (Madera)	1060 kg (Etileno)
Energía*	25.37 MWh	12.5 MWh
Agua	133 m ³	64 m ³
Emisiones al aire (kg/t)		
CO ₂	1,200-2500 kg	1900 kg
SO _x	10-12 kg	1.3 kg
NO _x	4.581	1.2 kg
Hidrocarburos	1.09	0.72
Metano	34.20	8.100
H ₂ S	6.3	3
Vertidos a agua (kg/t)		
DQO	5-50	0.790
DBO	1.8-2.1	0.160
Sólidos suspendidos	51.460	0.520
SO ₄ ²⁻	27.486	8.4

* Para calcular la energía requerida para producir una tonelada de corrugado, se sumó la energía requerida para producir la pulpa más la energía requerida para producir el corrugado.

De aquí se deduce que fabricar plástico consume 40% menos energía que fabricar papel. El consumo de agua durante todo el ciclo de producción de corrugado representa un 60% más que durante la fabricación de plástico, lo mismo se observa para los vertidos al agua en donde para el proceso de fabricación del corrugado se generan más vertidos que para el plástico, para la biodegradabilidad el papel se encuentra que tarda menos en degradarse que el plástico.

Sin embargo el proveedor de cartón corrugado utiliza 40% de material reciclado para su proceso, por lo que es necesario analizar este esquema. Al comparar el proceso de producción de 1 tonelada de papel fabricado a partir de fibras nuevas con la producción a partir de fibras recicladas se encuentra que la recuperación de fibras consume menos energía que la producción de papel a partir de fibras nuevas. Sin embargo, se necesita un aporte externo de energía procedente de los combustibles fósiles. Una tonelada de papel producida a partir de fibras recicladas consume un 40% menos energía que el papel producido a partir de fibras nuevas.

Por otro lado, los impactos ambientales derivados del proceso de producción de 1 tonelada de bolsa de polietileno a partir de material reciclado 88% [10] comparado con la producción a partir de material virgen, resulta en un consumo de energía 88% menor, mientras el consumo de agua se reduce en un 99.46%, en general el descenso en las emisiones al aire y agua son también evidentes.

3.2. Distribución y venta

Para este aspecto se evaluaron las emisiones a la atmósfera producidas por el transporte desde el proveedor hasta el cliente, la Tabla 2 presenta los kg de CO₂ encontrados al emplear corrugado y bolsa de polietileno.



Tabla 2. Emisión de CO₂ asociado a la distribución y venta para corrugado y bolsa de polietileno

Transporte	Emisión de CO ₂ generada kg de CO ₂ / t	
	Cartón corrugado	Bolsa de polietileno
Proveedor - planta	830.526	96.895
Planta – almacén temporal	166.205	22.147
almacén temporal - cliente	726.711	96.895
Total	1723.442	215.937

Se observa que las emisiones ocasionadas por el transporte necesario para la distribución y venta del producto son mayores en el caso del cartón corrugado en todo el proceso, representando una diferencia del 87.47%.

3.3. Manejo de residuos y/ o reciclaje

Para este tópico también se analizaron las emisiones a la atmósfera por el transporte requerido para el reciclaje de residuos, siendo las correspondientes al cartón corrugado de 415.263 kg de CO₂/t, mientras que para la bolsa de polietileno resultaron 96.89 kg de CO₂/t, en este caso también las emisiones para el corrugado son más altas, siendo la diferencia de 76.67%.

3.4. Pruebas de funcionalidad en el laboratorio

Las pruebas consistieron en determinar la disminución del espacio mediante el armado de las cajas/ bolsas de polietileno para el detergente en diferentes presentaciones, y el armado posible de la tarima, los resultados mostraron disminución en el cubillaje al emplear la bolsa de polietileno así como disminución en el volumen al armar los pallet del empaque terciario, la disminución mencionada se presenta como porcentaje en la Tabla 3.

Tabla 3. Disminución en cubillaje para empaque secundario y terciario de la bolsa de polietileno respecto al cartón corrugado

Presentación kg	Disminución en cubillaje empaque secundario %	Disminución en volumen empaque terciario %
0.5	24	17
0.9	59	19
2.7	54	32

Para el caso de 2.7 kg la presentación de corrugado son 6 unidades de venta y en la bolsa de polietileno 4 unidades y la diferencia en el cubillaje es del 54% a favor de la bolsa de polietileno, sin embargo la bolsa de polietileno tiene 4 unidades menos que el corrugado. Por lo que en esta presentación es más eficiente el acomodo del corrugado, no obstante en el pallet se tienen 180 unidades para ambos casos, obteniendo el valor del cubillaje se tiene una diferencia de 32% de volumen a favor del pallet de la bolsa de polietileno.

4. CONCLUSIONES

El ACV constituyó una herramienta clave en la comparación de los empaques secundarios, pues se lograron identificar y cuantificar los diferentes impactos ambientales, asociados a cada una de las etapas del ciclo de vida, entre los más relevantes destacan: fabricar plástico consume 40% menos energía que fabricar papel, el consumo de agua en el ciclo de producción de corrugado representa un 60% más que durante la fabricación de plástico y se obtiene una reducción considerable en volúmenes de empaque terciario con una reducción promedio de 23% en el acomodo de los pallets, por lo que se podrían mover mayores volúmenes, además que el costo para su reciclaje es mucho menor que el del corrugado,



por lo que la propuesta del cambio de los corrugados a bolsas de polietileno (PE) como empaque secundario podría representar una alternativa viable a los problemas de contaminación por residuos sólidos y una reducción considerable en volúmenes de empaque terciario contribuyendo a la sustentabilidad de estos procesos, considerando la disminución en los vertidos de contaminantes al ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Birkeland, J. *Design for Sustainability*. 2002. Routledge. Londres, Inglaterra: Earthscan.
- [2] Blackburn, W. R. *The Sustainability handbook*. 2007. Routledge. Londres, Inglaterra: Earthscan.
- [3] Castellanos, A. *Manual de la gestión logística del transporte y la distribución de mercancías*. 2009. Ediciones Uninorte. Bogotá, Colombia. 23-26 pp.
- [4] Ramírez, B. *Uso eficiente de energía, desarrollo sustentable y conservación de recursos naturales no renovables, el caso de las bolsas de polietileno versus la utilización de otros materiales*. 2010. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería de Proceso. Universidad Nacional Autónoma de México.
- [5] Careaga J. A. *Manejo y Reciclaje de los Residuos de Envases y Embalajes*. 1993. SECRETARÍA DE DESARROLLO SOCIAL. Instituto Nacional de Ecología. Serie Monografías No. 4.
- [6] Asimag, S.L. *Manual de elaboración del cartón corrugado Volumen 1*. 2007. Asociación Española de fabricantes de envases y embalajes de cartón corrugado. Madrid, España.
- [7] Vlachopoulos, J. *An Assesment of energy savings derived from mechanical recycling of polyethylene versus new feedstock*. 2009. The World Bank Version 3.2. McMaster University, Hamilton, ON, Canada.
- [8] Arivizu J. *La basura como recurso energético en México. Situación actual y prospectiva en México*. 2010. Instituto de Investigaciones Eléctricas. México.
- [9] Secretaría de Comunicaciones y Transportes. 2012. (Fecha de consulta: 6 de septiembre de 2012). <http://www.transportelimpio.gob.mx/>
- [10] Andrady, A. *Plastics and the Environment*. 2003. 3ra. Ed. John Wiley&Sons, Inc. Ontario, Canada.

[Indice](#)



Evaluación de la eficiencia de Aireación de una Planta Tratadora de Aguas Residuales Municipales

¹ Rosa Elena Ortega Aguilar, ¹María Cecilia León Alcaráz, ¹Claudia Rosario Muro Urista, ¹María del Carmen Díaz Nava

¹Instituto Tecnológico de Toluca, Av. Tecnológico S/N, Fraccionamiento La Virgen, C.P. 52149, Metepec, Edo. México.

Tel (722) 2087218, reortega@ittoluca.edu.mx.

RESUMEN

En México predominan las plantas de tratamiento de lodos activados convencionales, donde se presenta alto consumo energético y por ende alto costo de tratamiento, siendo la aireación uno de los componentes que más energía consumen. Para una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del Estado de México se identificó un alto gasto energético, siendo el objetivo de este trabajo evaluar la cantidad de oxígeno requerido en la biodegradación, la cantidad de oxígeno suministrada y contrastarlos para determinar si las necesidades se están cubriendo adecuadamente.

Durante seis meses se cuantificó la Demanda Química de Oxígeno (DQO), pH y temperatura de acuerdo a las normas mexicanas correspondientes, se evaluó la carga orgánica volumétrica (COV), la cantidad teórica de oxígeno, considerando la materia degradable que llega al tanque de lodos activados en las condiciones de operación y el suministro de aire al sistema conforme a las características del equipo.

Los resultados encontrados muestran que la cantidad de oxígeno que envían los sopladores al reactor aerobio está por encima de lo que se requiere, existiendo una diferencia de 3.1491×10^4 kg/d. Lo anterior conduce a la conclusión de que una parte importante del oxígeno suministrado al sistema se pierde, siendo recomendable disminuir los sopladores empleados en la operación para reducir el gasto energético y como consecuencia los costos asociados, permitiendo mantener la eficiencia requerida.

Palabras Clave: Aireación, agua residual, Consumo de energía, Costos de tratamiento.

1. INTRODUCCIÓN

La vida en este planeta sería imposible sin el agua y la energía además, siendo el agua el recurso máspreciado ante el crecimiento demográfico y socio económico del país, las actividades de suministro de agua potable, alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales adquieren cada día mayor prioridad en la agenda municipal y estatal. La falta de recolección y tratamiento de las aguas residuales que se descargan en los ríos, lagos y demás cuerpos receptores, afectan la calidad del agua y limitan su disponibilidad y aprovechamiento [1].

En México, las (PTAR) utilizan una gran variedad de procesos para eliminar los contaminantes orgánicos del agua y asegurar su seguridad para usos futuros, en el inventario de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales, se observa un claro predominio de los procesos de tipo lagunas y lodos activados. La contribución total de estos dos tipos de procesos representa aproximadamente las dos terceras partes del número total de plantas así como de la cantidad total de agua tratada, los procesos de lodos activados constituyen el 29 % del número de plantas, mientras que contribuyen hasta en un 54.71% de los caudales tratados, lo que evidencia la importancia de este tipo de proceso, que básicamente consiste en inyectar aire dentro del agua en forma de burbujas, para permitir que los microorganismos presentes crezcan y degraden la materia orgánica[2], [3].

Para conseguir un tratamiento óptimo, los microorganismos que actúan en el proceso requieren que el oxígeno contenido en el aire se suministre en la cantidad correcta para crecer y consumir la materia orgánica. Los sistemas de aeración de estos procesos están caracterizados por su elevado consumo energético que, dependiendo del tipo de proceso y tamaño del mismo, suele situarse en un intervalo del 50-70% del total de una PTAR. Su costo de inversión representa únicamente una



fracción del orden del 15-25% del total asociado a su funcionamiento (Operación Mantenimiento). Con tanta energía utilizada en una PTAR concentrada en un sistema de aireación es lógico que se convierta en un claro objetivo para el ahorro de energía. Hasta la fecha los ingenieros de diseño no han encontrado un método efectivo o procedimiento de aplicación simple para la optimización del sistema de aireación para aplicaciones rutinarias. Históricamente, los sistemas de aireación fueron diseñados con unas directrices generales para el rendimiento del sistema con poca consideración del costo total es por esto que, un análisis del sistema de aireación que incluya variables fundamentales para cada planta o aplicación puede significar importantes ahorros en los costos anuales de las operaciones y ahorros para disminuir el costo de explotación [4], [5], [6].

En este trabajo se presenta el análisis del Sistema de Lodos Activados para una PTAR ubicada en el Estado de México, además de evaluar el requerimiento teórico de oxígeno en base a la cantidad de materia orgánica que llega al proceso y el consumo eléctrico asociado al suministro de aire.

2. METODOLOGÍA

El proceso de tratamiento consta de un pretatamiento con cribado, desgrasado y desarenado, posteriormente el tratamiento biológico en dos fases, la inicial en un reactor anaerobio de lecho suspendido y flujo ascendente (UASB) y después dos reactores de lodos activados convencional con difusores de burbuja fina que pasan el agua digerida al clarificador secundario y de allí a desinfección. Para este estudio la atención se centró en el proceso de lodos activados, a continuación se describe la forma en que se determinaron las características del agua que recibe el proceso y las que entrega, la cantidad de oxígeno requerido y suministrado.

2.1 Características del agua residual

El muestreo se realizó en base a la norma mexicana NMX-AA-003-1980, se consideran dos puntos específicos: la salida de los reactores anaerobios y la salida del clarificador secundario. Los parámetros indicados se evaluaron tres veces por semana, aproximadamente a las 9:00 am de abril a octubre, el volumen de muestra fue de 1L realizando las determinaciones el mismo día. Los métodos y equipos utilizados para llevar a cabo los análisis del agua se listan en la Tabla 1. La carga orgánica volumétrica (COV), se calculó a partir de los valores de DQO considerando el tiempo de retención hidráulica (θ) y el volumen de los reactores.

2.2. Requerimientos de oxígeno y oxígeno suministrado

El flujo másico del oxígeno requerido por los microorganismos se determinó teóricamente mediante la ecuación 1, asumiendo que no existe nitrificación [7].

$$Q_{O_2}(\text{total en kg } O_2/d) = \frac{D(S_0 - S)}{f} - 1.42 P_x \quad (1)$$

Tabla 1. Métodos y equipos empleados en las determinaciones

PARÁMETRO	MÉTODO	EQUIPO
Temperatura	Instrumentos de medición termómetros de líquido en vidrio para uso general (NOM-011-SCFI-2004)	Termómetros de líquido en vidrio, Marca Brannan (200 °C) o potenciómetro con sensor de temperatura. Marca Hanna instruments M-23106
pH	Determinación del pH (NMX-AA-008-SCFI-2000)	Potenciómetro, electrodo de vidrio. Marca HACH sensión1
DQO	Determinación de la demanda química de oxígeno en aguas naturales, residuales y residuales tratadas (NMX-AA-030-SCFI-2001) Método de reflujo cerrado /método espectrofotométrico	Reactor de digestión Marca HACH, Modelo DRB 200 y Colorímetro Marca HACH, Modelo DR/890

En la estimación de los lodos de purga se utilizó la ecuación 2, considerando que en el afluente no llegan sólidos no volátiles y no biodegradables.

$$P_x = Q(Y_{obs}(S_0 - S)) \quad (2)$$

Para encontrar el rendimiento observado, considerando la respiración endógena se empleó la ecuación 3

$$Y_{obs} = \frac{Y}{1+k_d\theta_c} \quad (3)$$

Donde:

- Q_{O_2} Requerimiento total de oxígeno (kg O_2 /d)
- Q Caudal de afluente al proceso (m^3 /d)
- S_0, S DBO₅ del afluente y efluente tratado (kg / m^3)
- f Factor de conversión del DBO₅ en DBO_u (.7 a .9)
- P_x Masa seca en los lodos desechados diario del tanque de aireación
- Y, Y_{obs} Rendimiento celular y el observado teniendo en cuenta la respiración endógena
- θ_c Tiempo de retención celular
- k_d Constante de decaimiento celular

3. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la caracterización del agua que recibe y entrega el proceso, su requerimiento teórico de oxígeno y la cantidad suministrada.

3.1 Características del agua residual

El periodo de caracterización del agua comprendió de abril a octubre cubriendo parte de la temporada de estiaje y la de lluvias, en la figura 1 se muestra el comportamiento en el agua que llega al reactor aerobio (INFL) y el que sale de este (EF).

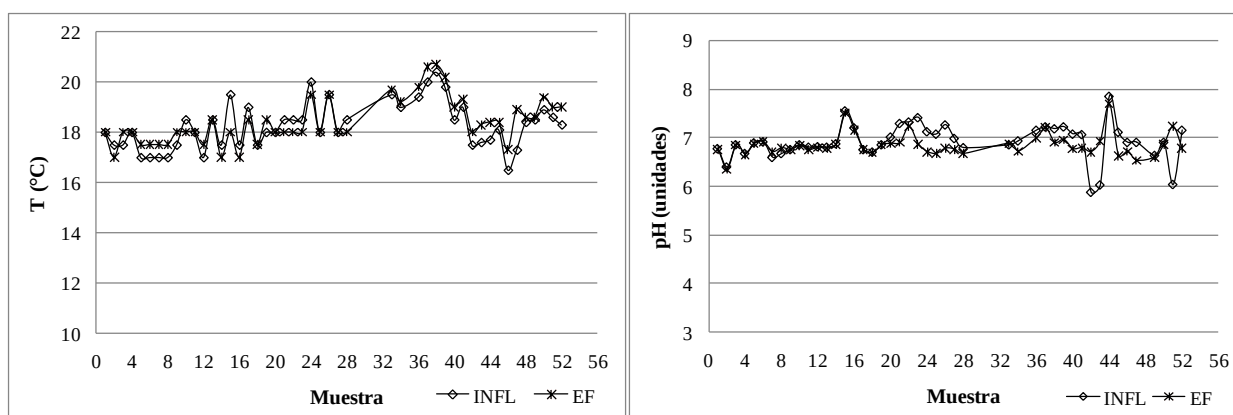


Figura 1. Comportamiento de la temperatura y el pH durante el periodo abril octubre

En principio se observa que la diferencia entre los valores medios para la corriente que entra y abandona el proceso es sólo de 0.15°C y 0.06 unidades, para la temperatura y el pH respectivamente, se observa para ambos parámetros variabilidad poco significativa, manteniéndose la primera en un intervalo entre 16°C y 21°C, con un coeficiente de variación (CV) de 0.05, mientras que el pH fluctúa entre 6 y 8 con cinco puntos desviados en mayor grado con lo que se obtienen los valores 0.05 y 0.03 en el influente y efluente para el CV correspondientemente.

En cuanto a la materia oxidable presente en el agua residual, la Figura 2 muestra el comportamiento observado en el periodo mencionado para la corriente que entra al sistema de lodos activados (INFL) y la que lo abandona, incluido el clarificador secundario (EF). Es claro que aún cuando el agua proviene de un pretratamiento y un proceso anaerobio de degradación, existe variación importante, entre 100 y 350 mg/L de DQO, con un valor muy desviado de 40 mg/L en la muestra 21, el cual inicia la tendencia a valores menores de DQO, que prácticamente se mantienen hasta la muestra 46, a partir de la que se aprecia una incipiente tendencia al aumento en este parámetro. El comportamiento descrito se puede asociar a la dilución de la corriente debido a la lluvia, ya que corresponde a principios del mes de junio y hasta mediados de septiembre, tradicionalmente la temporada de lluvias para la región. En estas circunstancias, el valor medio para el periodo fue de 211.67 mg/L para el agua de entrada con un CV de 0.36, lo que se considera como aun agua con contaminación débil [8]. Siendo el mismo comportamiento observado para la COV.

Mientras que para el agua que abandona el clarificador secundario los valores para la DQO fluctuaron entre 9 y 66 mg/L, excepto para la muestra 47 que se disparó hasta 165 mg/L, presentando una media de 37.52 mg/L CV 0.71, reportando eficiencias puntuales de remoción de DQO entre el 70 y 95% dependientes de las condiciones de operación del sistema NOM-003-SEMARNAT-1997.

3.2 Requerimientos de oxígeno y oxígeno suministrado

El cálculo para el oxígeno requerido se realizó empleando las ecuaciones 1, 2 y 3, aplicando los datos mostrados en la tabla 2, la constantes de rendimiento y de degradación endógena son valores sugeridos en la bibliografía [7], [9], [10].

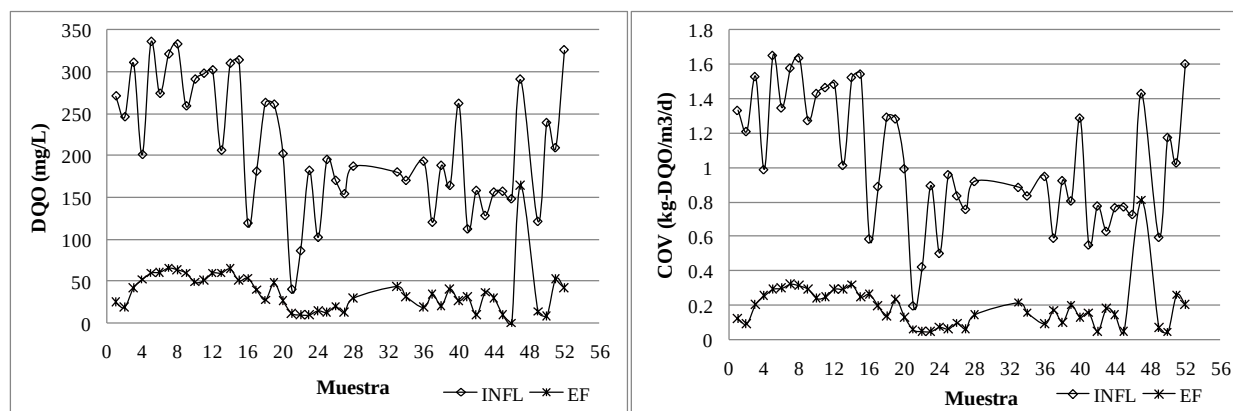


Figura 2. Comportamiento de la DQO y COV en el periodo de estudio

Tabla 2. Valores para los parámetros empleados en el cálculo del oxígeno teórico necesario

Parámetro	Unidades	Valor	Parámetro	Unidades	Valor
Q	L / s	40	Y		0.0337
S ₀	g / m ³	102	V	m ³	702
S	g / m ³	15	θ _C	1 / d	0.1993
k _d	1 / d	0.0137			

La tabla 3 presenta los resultados del cálculo para el oxígeno requerido en base a la degradación de materia orgánica presente en el agua residual, tomando en cuenta los parámetros cinéticos típicos sugeridos en la bibliografía, se observa que de acuerdo a estos, el tiempo de retención celular tiene un valor bajo respecto a lo recomendado, lo que indica la pertinencia de un análisis de la operación actual de proceso.

Tabla 3. Resultados del cálculo para el oxígeno teórico necesario

Parámetro	Unidades	Valor
Y _{obs}		0.1993
P _x	kg / d	178.268
Q _{O2}	kg / d	189.02

La masa de oxígeno suministrado se obtuvo del suministro nominal de los aireadores y la densidad [11] para las condiciones en la planta. El sistema de aireación está constituido de sopladores que suministran el aire al reactor durante las 24 horas del día, siendo el suministro de 26400 m³ de aire, que de acuerdo a las condiciones del proceso corresponden a 3.168 x 10⁴ kg/d de oxígeno, comparando estos resultados con los 189.02 kg/d obtenidos como necesidad de aireación se observa que la cantidad de oxígeno que envía el soplador al reactor aerobio está por encima de lo que se requiere, existiendo una diferencia entre lo que se suministra y lo requerido de 314.91 x 10² kg/d, se manifiesta entonces que la cantidad de oxígeno que suministra el sistema de aireación es demasiado alta, en relación a lo requerido en el proceso biológico; por lo que aún después de considerar las ineficiencias de los equipos y sistemas, el de aireación se encuentra altamente sobrado.



4. CONCLUSIONES

Las características del agua residual que llegan al proceso de lodos activados corresponden a un agua residual con contaminación débil, la variabilidad en la temperatura y pH son bajas, no así para la DQO, pudiendo ser asociada la dilución de material orgánico por la temporada de lluvias. En cuanto al desempeño de la aireación, se demostró que existe un suministro altamente excesivo respecto a las necesidades del proceso de lodos activados de la PTAR, con lo que se evidencia la imperante necesidad de optimizar el suministro de aire, con la seguridad de que los sistemas biológicos continuarán atendidos en esta necesidad, siendo capaces de mantener su eficiencia de degradación de materia orgánica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Comisión Nacional del Agua. *Evaluación de consistencia y resultados 2011-2012. Programa de tratamiento de aguas residuales*. 2012 Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. D.F. México. pp. 2 – 4, 71 - 72
- [2] Comisión Nacional del Agua. *Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación. 2011*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. D.F. México. pp. 95 - 109
- [3] Aguado Alonso J. 2009. (27 de junio de 2014). <http://www.tratamientodeaguas.org.mx/>
- [4] Ragsdale and Associates Training Specialists, LLC. 2011. <http://www.ragsdaleandassociates.com/WastewaterSystemOperatorsManual/Chapter%208%20-%20Activated%20Sludge.pdf>
- [5] Environmental Dynamics International. 2012. *Technical Bulletin 153 – Optimization of Diffuser Systems*. pp 2 – 4
- [6] N. Descoins, S. Deleris, R. Lestienne, E. Trouvé, F. Maréchal. 2012. *Energy efficiency in waste water treatments plants: Optimization of activated sludge process coupled with anaerobic digestion*. Energy. Vol. 41(1) pp. 153 – 157
- [7] Tchobanoglus G., F: L: Burton, H. D. Stensel. *Wastewater Engineering treatment & Reuse*. Fourth edition. 2003. McGraw-Hill. Singapore. Pp 425 – 443
- [8] Eckenfelder W.W. and P. Grau. *Activated Sludge Process Design and Control: Theory and Practice*. Technomic Publishing Co. Inc. Lancaster, Basel, 1992
- [9] Ramalho. R.S. *Tratamiento de aguas residuales*. 2003. Reverté. España. pp. 202 – 225
- [10] Rodríguez Gil M. 1998. *Modelo dinámico del proceso secundario de depuración de aguas residuales urbanas*. Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería. Vol. 14(4). pp. 525 - 538
- [11] Alviz Meza A. D. C. Cueto Ferreira. *Diseño de un Sistema de Aireación para una Planta de Lodos Activados en Zofranca Mamonal*. 2012. Tesis. Universidad De Cartagena. Cartagena, Colombia. pp 26 -31

[Índice](#)



Aplicación de la Fotocatálisis como Tratamiento Terciario de Agua Residual Industrial para la Degradación de DQO, Utilizando TiO_2 Soportado sobre Carbón Activado

¹Jesús Paz González., ¹Julio Cesar González Juárez., ¹Ma. Guadalupe Macedo Miranda.

¹Instituto Tecnológico de Toluca. Av. Tecnológico S/N, Col. Ex-Rancho la Virgen, Metepec Estado de México. C. P. 52140. jesus_paz_g@hotmail.com

RESUMEN

Las aguas residuales industriales (ARI), a menudo contienen materia orgánica (MO) que no es susceptible de ser degradada por el tratamiento biológico. En este trabajo se realizó la degradación de MO presente en un efluente secundario de ARI, por medio de fotocatálisis heterogénea en planta piloto. Como fotocatalizador se empleó una mezcla mecánica de carbón activado (CA) con TiO_2 (Aeroxide® P25), el material obtenido se caracterizó por microscopía electrónica de barrido y espectroscopía de infrarrojos por transformada de Fourier, confirmando la presencia de TiO_2 en el material. La degradación de la MO se llevó a cabo en un proceso de flujo continuo con recirculación, utilizando un reactor de lecho fluidizado equipado con una lámpara UV con capacidad de operación de 13 L. Para disminuir la turbiedad del agua a tratar, se realizó una filtración en filtro multimedio, obteniéndose una remoción en este paso, del 78.4% de unidades nefelométricas de turbiedad y un 30% de DQO. Posterior a la filtración el efluente fue diluido al 10% y se trató con una concentración de 12 g/L de fotocatalizador empleando partículas con un tamaño entre 0.400 – 0.707 mm, a un flujo de 5.5 litros por minuto durante 5.5 horas de tratamiento fotocatalítico, alcanzando una degradación de la materia orgánica del 92% (medida como DQO). Por lo tanto se concluye que el CA impregnado con TiO_2 por mezcla mecánica, es adecuado para ser utilizado como fotocatalizador en el tratamiento de MO proveniente de ARI, al obtenerse una alta eficiencia de degradación.

Palabras Clave: Impregnación, Lecho fluidizado, planta piloto.

1. INTRODUCCIÓN

Las plantas industriales generan cantidades cada vez mayores de aguas residuales, contaminadas con compuestos orgánicos no biodegradables. Uno de esos contaminantes es la MO medida como demanda química de oxígeno (DQO). La MO no degradada en los sistemas de tratamiento es descargada en los cuerpos de agua, cuyo impacto en la carga de los ecosistemas, como la DQO, puede ser de miles de decenas de mg/L [6], provocando daños a la salud pública y al medio como la eutrofización, persistencia, efectos patógenos, etc. Según la CONAGUA una DQO mayor a 200 mg/l en un agua superficial indica un fuerte impacto provocado por descargas de aguas residuales [3].

Los procesos de oxidación avanzada, (POA), se basan en las generaciones *in situ* de especies transitorias altamente reactivas (H_2O_2 , $\cdot\text{OH}$, O_2^- , O_3) para la mineralización de los compuestos orgánicos no biodegradables [2]. Entre estos procesos, la fotocatálisis heterogénea usando nanopartículas de TiO_2 , es considerada un proceso atractivo para degradar contaminantes orgánicos persistentes de efluentes con tratamiento biológico [4].

El uso de carbono activado como un soporte para el TiO_2 , permite la recuperación de fotocatalizador de forma rápida y fácil, así como la degradación secundaria de contaminantes intermedios. Con la finalidad de depositar óxido de titanio sobre CA como soporte, varios autores han aplicado la técnica de mezcla mecánica [1], [7], [9].



2. METODOLOGÍA

2.1 Preparación y caracterización del fotocatalizador

Se prepararon catalizadores compuestos por carbón activado (CA) en polvo, impregnado con TiO_2 (Aeroxide® P25) tomando como referencia el método de impregnación simple [1], el cual es nombrado mezcla mecánica [9]. Una determinada cantidad de CA se mezcló con TiO_2 (13% p/p), se le adicionó agua y se mantuvieron en contacto bajo agitación (350 rpm) durante dos horas en cámara oscura. Posteriormente se filtró la mezcla y la fase sólida resultante se secó a 100 °C durante dos horas.

La técnica de infrarrojo se empleó para localizar la presencia del TiO_2 en la superficie del carbón activado por medio de la identificación de bandas correspondientes a los enlaces Ti-O en el fotocatalizador preparado. Por su parte la técnica de MEB permitió determinar la presencia y morfología de las partículas de TiO_2 .

2.2 Muestreo y determinación de la demanda química de oxígeno

Se tomaron muestras de agua residual proveniente del tratamiento secundario por el método de lodos activados de una empresa de tratamiento de aguas residuales industriales, en base a la normatividad vigente. En las muestras tomadas se cuantificó la demanda química de oxígeno [8].

2.3 Pretratamiento de agua residual

Con la finalidad de disminuir la turbiedad, debido a que este factor afecta la radiación de la lámpara UV. Se realizó filtración rápida de la muestra de agua, mediante un filtro de lecho múltiple, midiendo DQO y turbiedad como parámetros de respuesta.

2.4 Tratamiento fotocatalítico

Las pruebas a escala piloto consistieron, en el tratamiento del agua mediante fotocatálisis heterogénea con TiO_2 y el fotocatalizador preparado (13%CA/ TiO_2 p/p), por exposición en un reactor de flujo continuo que consta de un tanque de aireación, una bomba y un reactor de lecho fluidizado con lámpara UV. Con el objeto de disminuir en parte la elevada intensidad de color de la misma agua, se diluyó con agua potable, el volumen de agua a tratar fue de 13 L. Se colocaron lechos de 12 g de fotocatalizador/volumen del reactor [5], utilizando diferentes tamaños de partícula en combinación con radiación UV utilizando una lámpara de 55 W durante 330 minutos, la muestra fue aireada durante todo el proceso de tratamiento. A determinados tiempos de 5, 15, 30, 60, 90, 150, 210, 270 y 330 minutos, se tomaron muestras de agua en tratamiento se cuantificó la DQO y la turbiedad (EPA 180).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los espectros de IR indicaron la presencia de señales características del enlace Ti-O en el rango de los 520 a 530 cm^{-1} en el fotocatalizador 13CA/ TiO_2 y en el TiO_2 , en comparación con el CA como se observa en la figura 1.

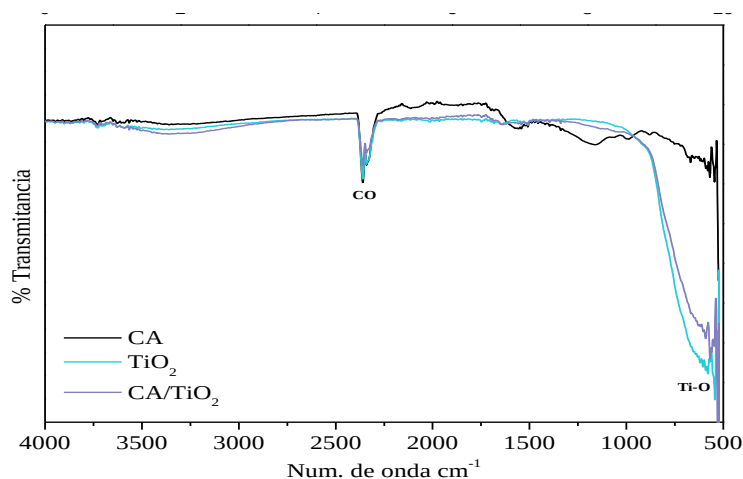


Figura1. Espectros infrarrojo de 4000 a 500 cm^{-1} para: CA, TiO_2 y fotocatalizador (13%CA/ TiO_2)

En la figura 2 se observa que la superficie del fotocatalizador presentó poros, que contiene partículas dispersas de TiO_2 en la superficie. Sin embargo se puede apreciar que existen aglomerados de partículas que cubren los poros de la superficie de CA. El análisis EDS confirmó la presencia de C, O y Ti como elementos mayoritarios.

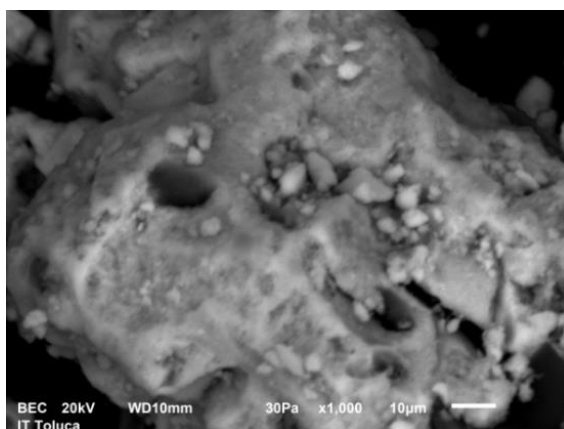


Figura 2. Micrografía del catalizador 13CA/ TiO_2 a 1000X

Los resultados de la caracterización del fotocatalizador 13CA/ TiO_2 indican que el TiO_2 permanece en contacto con las partículas de CA después del proceso de preparación, a pesar de tratarse de una mezcla mecánica. La presencia de aglomerados podría dar lugar a un proceso de desimpregnación durante los tratamientos fotocatalíticos.

En la Tabla 1, se muestran los parámetros cuantificados de la muestra de agua residual (inicial) y después del tratamiento de filtración (final). Se puede observar que la filtración remueve en mayor % la turbiedad en comparación con la DQO, es decir, que se retienen con mayor facilidad los sólidos en suspensión, lo cual indica que este método es eficiente como pretratamiento previo al proceso de fotocatalisis. De igual manera se puede establecer que los sólidos disueltos se relacionan de forma indirecta con el parámetro de DQO.

Tabla 1. Resultados de DQO y turbiedad por filtración

Muestra	Parámetro	Inicial	Final	% remoción
Muestra 1	DQO (mg/L)	1137.3	785.4	30.94%
	Turbiedad (NTU)	17.2	3.71	78.43%
Muestra 2	DQO (mg/L)	865	800	7.51%
	Turbiedad (NTU)	13.3	7.38	44.51%

En la Tabla 2, se muestran los resultados del proceso de degradación de la DQO del agua residual diluida perteneciente a la muestra 2, en función del tiempo de tratamiento con y sin fotocatalizador. Se observa que el fotocatalizador 13CA/TiO₂ con partículas de tamaños de 0.707 – 0.400 mm (A) degrada un mayor % de DQO en comparación con otros tamaños de este material. Debido al incremento de turbiedad durante los tratamientos, las muestras se dejaron sedimentar por un tiempo de 24 horas y posteriormente se determinó la turbiedad del sobrenadante.

Se puede observar que el parámetro de la turbiedad en el sobrenadante aumenta después del tiempo de sedimentación en comparación con la turbiedad obtenida después del proceso de filtración, lo cual indica que existe el fenómeno de fragmentación de los materiales y/o desimpregnación del TiO₂ en el CA durante los tratamientos. Sin embargo el fotocatalizador sedimentado es más fácil de separar para poder reutilizarlo.

Tabla 2. Degradación de DQO en reactor de lecho fluidizado

Parámetro	Tipo de catalizador				S/catalizador
	0.707-0.400 mm (A)	0.400 mm (B)	0.297 mm (C)	TiO ₂	Luz UV
% Degradación DQO	91.93%	66.67%	46.42%	29.54%	0.00%
Turbiedad	9.76	31.75	28.5	6.5	2.85

En la Figura 3, se muestra el comportamiento de la degradación de la MO (medida como DQO), al aplicar el tratamiento fotocatalítico. Se puede observar que A llega a un % de degradación mayor al 91% en comparación que B el cual alcanza el 66%, ambos materiales presentan una eficiencia mayor en comparación al fotocatalizador C y el TiO₂, estos últimos presentan una eficiencia similar al final del tratamiento.

Por lo cual se puede establecer una relación entre el tamaño de partículas y su eficiencia en la degradación de la MO, donde dicha eficiencia depende de igual manera de la etapa de pretratamiento, así como del tipo de reactor, del tiempo del tratamiento y de la turbiedad producida durante los mismos.

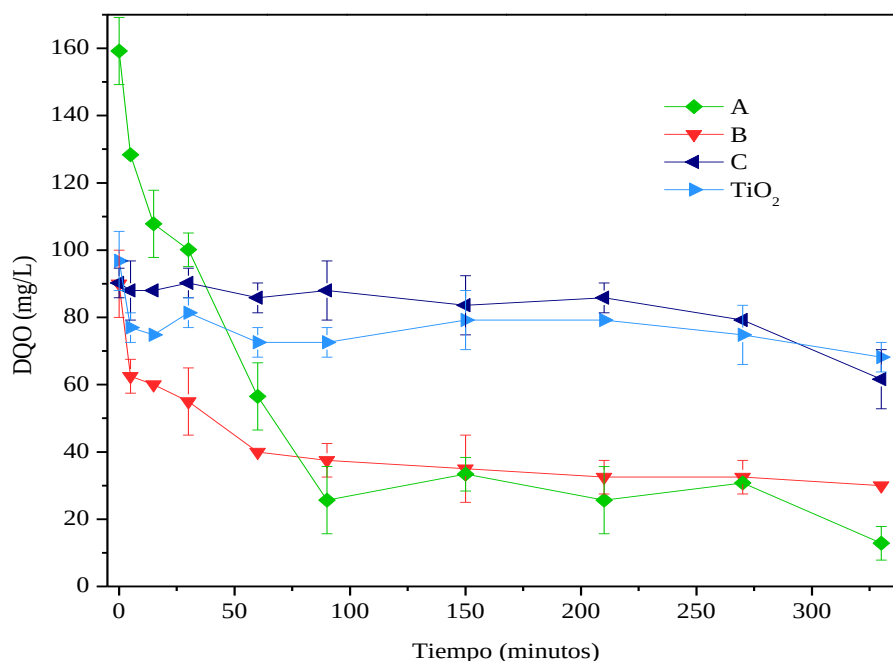


Figura 3. Degradación de DQO en lecho fluidizado utilizando: 13CA/TiO₂ (A, B, y C) y TiO₂

4. CONCLUSIONES

El espectro de infrarrojo correspondiente al material preparado (13CA/TiO₂) exhibe las bandas que correspondientes al enlace Ti – O. Por su parte la técnica de MEB y el análisis EDS confirman la presencia de partículas de TiO₂ en la superficie de dichos materiales.

El proceso de filtración rápida es adecuado como pretratamiento de agua residual, logrando una remoción entre el 7 - 30% de DQO y entre el 44 - 78% de turbiedad la cual afecta el paso de la radiación UV en el proceso de fotocátalisis.

La aplicación de un reactor de lecho fluidizado resulta eficiente en el tratamiento de agua residual industrial por medio de fotocátalisis heterogénea logrando eficiencias de hasta el 92% de DQO del agua diluida al 10% (10% agua residual + 90% agua potable) con una concentración de 12gr catalizador/L (volumen del reactor). El catalizador 13CA/TiO₂ con partículas de tamaños de 0.707 – 0.400 mm (A) degrada mayor cantidad de DQO, en comparación con tamaños de partícula menores y el TiO₂.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Araña J., Doña R. J. M., Tello R. E., Garriaga i Cabo C., González D. O., Herrera M. J. A., Pérez P. J., Colón G. & Navío J. A. 2003. “TiO₂ activation by using activated carbon as a support Part I. Surface characterisation and decantability study”. *Applied Catalysis B: Environmental*, Vol. 44, pp. 161-172.
- [2] Chong M. N., Jin B., Chow C. W. K. & Saint C. 2010. “Recent developments in photocatalytic water treatment technology: A review. *Water Research*, Vol. 44, pp. 2997-3027.
- [3] Comisión Nacional del Agua. *Estadísticas del agua en México*. Edición 2011. 2011. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F., pp. 36-40.



- [4] Daneshvar N. D., Salari A. N., & Khataee A. R. 2006. "Photocatalytic degradation of the herbicide erioglaucine in the presence of nanosized titanium dioxide: Comparison and modeling of reaction kinetics". *Journal of environmental science and health*, Vol. 41(B), pp. 1273-1290.
- [5] Li Y., Chen J., Liu J., Ma, M.; Chen, W., & Li L. 2010. "Activated carbon supported TiO₂-photocatalysis doped with Fe ions for continuous treatment of dye wastewater in a dynamic reactor". *Journal of Environmental Sciences*, Vol. 8(22), pp. 1291.
- [6] Luan M., Jing G., Piao Y., Liu D., & Jin L. 2012. "Treatment of refractory organic pollutants in industrial wastewater by wet air oxidation". *Arabian Journal of Chemistry*, Vol. 12(3), pp. 2-3.
- [7] Matos J., Laine J. & Herrmann J. M. 2001. "Effect of the Type of Activated Carbons on the Photocatalytic Degradation of Aqueous Organic Pollutants by UV Irradiated Titania". *Journal of Catalysis*, Vol. 200, pp. 10-20.
- [8] NMX-AA-030/2-SCFI-2011. Análisis de agua - determinación de la demanda química de oxígeno en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba - parte 2 - determinación del índice de la demanda química de oxígeno – método de tubo sellado a pequeña escala- DOF 27/06/2013.
- [9] Puma G. L., Bono A., Krishnaiah D. & Collin J. G. 2008. "Preparation of titanium dioxide photocatalyst loaded onto activated carbon support using chemical vapor deposition: A review paper". *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 157, pp. 209-219.

[Indice](#)



Sorción de As (V) en Fase Acuosa utilizando Residuos de Cáscara de Piña

¹María del Rosario Mejía Cuero, ¹Genoveva García Rosales, ²Luis Carlos Longoria Gándara,
³Pedro Ávila Pérez, ³María Guadalupe Olayo González, ¹María Sonia Mireya Martínez Gallegos,
¹Juan Carlos Contreras Ruíz

¹ Instituto Tecnológico de Toluca, Departamento de posgrado. Ex-rancho la virgen S/N, C.P. 50120, Metepec, México.
e-mail: gegaromx@yahoo.com.mx; rairam_mej@yahoo.com.mx

² Division for Latin America/Department of Technical Cooperation International Atomic Energy Agency.

³ Wagramer Strasse 5, P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria.

⁴ Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. Dirección de Investigación Tecnológica & Departamento de Física.

⁵ Carretera México-Toluca S/N, km. 36.5 La Marquesa, Ocoyoacac, México.

RESUMEN

En este trabajo de investigación se determinó la capacidad de sorción de los residuos de cáscara de piña en la remoción de As (V) en fase acuosa. Se presenta el acondicionamiento físico de la cáscara de piña para obtener el material sorbente CPa. Para su caracterización fisicoquímica y morfológica se utilizó la Microscopía Electrónica de Barrido (MEB), Espectroscopía de Energía Dispersiva (EDS) y Análisis Termogravimétrico (TGA). Además se determinó el área específica, volumen y diámetro de poro mediante el método BET. La cinética de sorción de As (V) con CPa se realizó a 20° C en un sistema tipo lotes, los datos experimentales obtenidos de la cinética se ajustaron a los modelos de pseudo primer y segundo orden. Los resultados indican que la remoción es favorable comenzando en los primeros minutos de contacto hasta que alcanzar el equilibrio, lo que sugiere que los sitios activos mantienen una fuerte atracción por las especies iónicas: HAsO_4^{2-} y H_2AsO_4^- .

Palabras Clave: Arsénico, Biosorbente, Cinética, Isoterma, Sorción

1. INTRODUCCIÓN

El agua es el compuesto químico más abundante de la biósfera y a pesar de ser considerado un recurso renovable, en la actualidad es frecuente encontrarla contaminada con diversas sustancias tóxicas. En este mismo sentido, es importante resaltar la presencia de As (V) en sistemas acuáticos subterráneos destinados para consumo humano. Este elemento por su alta toxicidad ha sido integrado al listado de sustancias tóxicas de la Environmental Protection Agency (EPA), particularmente se encuentra asociado al cáncer de pulmón e hígado y causa diversas alteraciones sistémicas. Este contaminante permanece en el ambiente por largos periodos, tiende a acumularse en los tejidos de las plantas y animales, alcanzando niveles peligrosos en la cadena alimenticia. Su presencia se debe al contacto subterráneo del agua con yacimientos minerales o puede asociarse a la actividad volcánica y/o antropogénica. En el agua natural, el As se presenta principalmente en formas inorgánicas como: arsenato [As (V)] y arsenito [As (III)]. Generalmente el arsenato (es decir H_2AsO_4^- , HAsO_4^{2-}) es el anión principal en el agua superficial aeróbico, mientras que el arsenito (es decir H_3AsO_3 , H_2AsO_3^-) es la principal especie en el agua subterránea [1]. La presencia de As disuelto en el agua potable es una preocupación mundial que se destaca por un número cada vez mayor de países que presentan informes sobre elevadas concentraciones de As en suministros de agua. En América Latina, el problema se conoce en 14 de 20 países. En México las regiones donde se ha detectado la presencia de As son algunas zonas áridas del norte de México (Chihuahua y Coahuila) [2], el Valle del Yaqui [3] y la Comarca Lagunera [4]. Existen varias opciones para eliminarlo de los depósitos acuáticos, sin embargo la utilización de una sola tecnología no basta para reducir su concentración y disminuir el riesgo de toxicidad a la población. En años recientes el empleo de biomásas como biosorbentes han adquirido relevancia, al ser materiales altamente eficientes y económicos que han probado su versatilidad y gran capacidad de remoción de elementos tóxicos [5,6]. Por lo que en este estudio el uso de cáscara de piña (CPa) para la remoción de As (V) en fase acuosa.



2. METODOLOGÍA

2.1. Preparación de la cáscara de piña

La recolección de la cáscara de piña se realizó en el mercado del Municipio de Atlacomulco Estado de México. Las cáscaras de piña se lavaron, se secaron en una estufa a 40 °C por 4 días, se molieron en un molino eléctrico y tamizaron a un tamaño de partícula de 20 mallas, en seguida el material se lavó repetidas veces con agua desionizada caliente y por último el material se secó en la estufa a 40 °C durante 48 horas.

2.2. Caracterización de superficie fisicoquímica y morfológica

Para la determinación del área específica la muestra de CPa se desgasificó a 100 °C por 17 horas y se realizó el análisis en un equipo BEL Japan Inc. modelo Gemini 2360 con N₂ como gas de operación a 77.49 kPa y se manipuló mediante el método BET multipunto.

Para el estudio de la morfología de CPa se utilizó un microscopio electrónico marca JEOL JSM, modelo 5900 LV. Se realizó un análisis por espectroscopía de energía dispersiva EDS con una sonda OXFORD modelo ISIS acoplada al microscopio. La muestra se colocó en un porta muestra de aluminio sobre una cinta de carbón y se recubrió con un baño de oro por 120 segundos. Para analizar las características térmicas de degradación de CPa se utilizó un Calorímetro STAP PT 1600 marca LINSEIS® se usó el modo de TGA y DTA, se consideró un intervalo de temperatura de 15 a 900 °C y una velocidad de calentamiento de 10°C/min.

2.3. Cinética de sorción de As (V) con CPa

La cinética de As (V) se realizó en un sistema tipo lotes, se emplearon varios tubos de polipropileno, en los cuales se colocó 0.06 g de CPa, con 10 mL de una solución de 100 mg/L de As (V), los experimentos se realizaron a 20 °C con agitación continua con los siguientes tiempos de contacto: 15 min, 30 min, 45 min, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 16 y 24 horas. La determinación de la concentración de As (V) en los remanentes se realizó mediante Absorción Atómica (AA). Los datos experimentales de la cinética de sorción de As (V) con CPa fueron ajustados a los modelos cinéticos de pseudo-primer y pseudo-segundo orden representados por las ecuaciones (1) y (2); utilizando el programa informático Statistica 7.

$$q_t = q_e \left(1 - e^{-k_1(t)} \right) \quad (1)$$

$$q_t = \frac{k_2 q_e^2 t}{(1 + k_2 q_e t)} \quad (2)$$

Donde: q_e (mg/ g), representan la capacidad de sorción en el equilibrio; q_t (mg/g), es la cantidad adsorbida de soluto al tiempo t ; k_1 y k_2 en min^{-1} son las constante de velocidad de adsorción de Lagergren de pseudo primer y pseudo segundo orden respectivamente.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterización de superficie fisicoquímica y morfológica

El valor obtenido de área específica para CPa es de $0.59 \pm 0.002 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$, el volumen y diámetro de poro es de $6.9 \times 10^{-4} \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$ y 4.64 nm respectivamente. En la literatura se han reportado diversos valores de área específica semejantes al de CPa, por ejemplo: hojas de piña $5.2 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$, tallo de maíz $2.3 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$, cáscara de tomate $0.68 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$, cáscara de pistache 1.02 m^2

g^{-1} , cáscara de naranja $0.83 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ y rastrojo de maíz $0.69 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ [7]. En la Figura 1 se presenta la micrografía de CPa, en la cual se observan dos tipos de estructuras: una de aspecto fibroso con forma de entramado (parte interna de la cáscara) y una superficie rugosa (parte externa de la cáscara de piña) que se caracteriza por tener pequeños nódulos esféricos de Si, de aproximadamente $10 \mu\text{m}$ de diámetro. La composición elemental semicuantitativa del material es la siguiente: C (53.53 w%), O (42.72 w%), Si (2.30 w%), Al (0.70 w%) y Ca (0.74 w%).

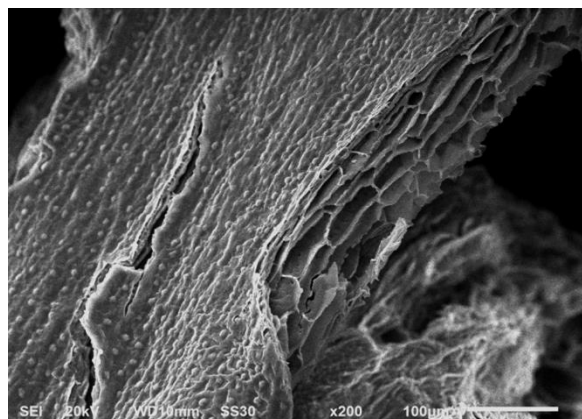


Figura 1. Morfología de CPa, sección interna y externa a 200X

Los resultados del análisis termogravimétrico de CPa se presentan en la Figura 2, la primera pérdida de peso registrada fue de 12 % entre 50°C y 200°C , debido a la pérdida de algunas moléculas de peso ligero y a la pérdida de agua. La segunda pérdida de peso fue de 28 % entre 200°C y 315°C , la cual se puede atribuir a la degradación de polímeros como la celulosa. También entre 315°C y 425°C hay una pérdida de 8 % y finalmente entre 425°C y 525°C se produce una pérdida de peso de 24 %, que se puede atribuir a la descomposición de la lignina [8]. La curva DTG tiene dos picos endotérmicos principales, el primero alrededor de 300°C y el segundo a 450°C que corresponde a las pérdidas de peso de 28 % y 24 %.

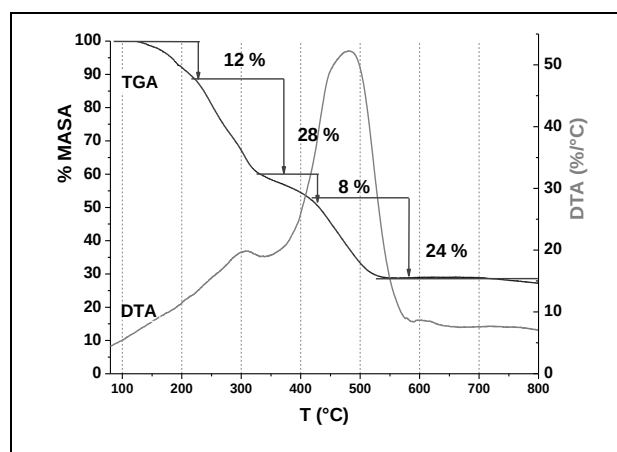


Figura 2. Análisis TGA y de CPa

3.2. Cinética de sorción de As (V) con CPa

En la Figura 3 se presenta el porcentaje de remoción de arsénico en función del tiempo a una concentración inicial de 100 mg/L de As (V) en solución y una masa de 60 mg de CPa. Se observa que a 20°C el equilibrio de sorción se alcanza a

960 min de contacto con un porcentaje máximo de remoción de As (V) de 5.5 % que corresponde a una concentración de 5.5 mg/L de As (V) removido por este biosorbente.

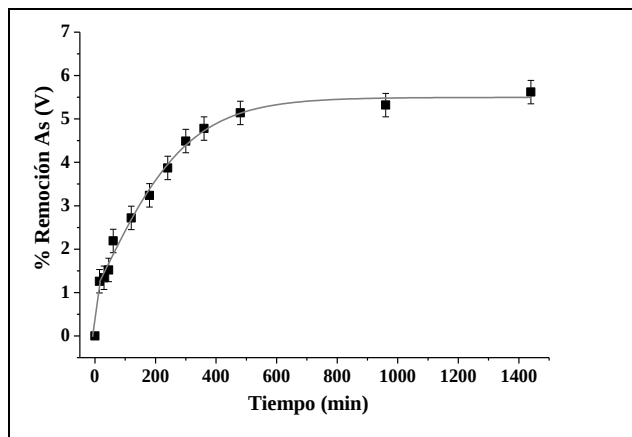


Figura 3. Cinética de sorción de As (V) con CPa

Los resultados de los ajustes de los valores obtenidos de la cinética se muestran en la Tabla 1 y se observa que el modelo cinético de pseudo segundo orden es el que describe mejor el proceso de sorción del As (V) con CPa. Por lo tanto, a medida que incrementa el tiempo de contacto entre los iones de As (V) y el adsorbente, la concentración de los iones arsenato (H_2AsO_4^- , HAsO_4^{2-}) sobre la superficie de CPa aumenta hasta llegar a un punto de saturación [9].

Tabla 1. Resultados de los ajustes de los datos de la cinética

Pseudo-primer orden			Pseudo-segundo orden		
r	qe	K ₁	r	qe	K ₂
0.817	0.47	0.02	0.859	0.54	38.15

4. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, la cáscara de piña posee la capacidad de retener iones arsenato, siendo un biosorbente factible para la remoción de este contaminante tóxico. El ajuste de los datos cinéticos al modelo de pseudo segundo orden indican que el proceso de biosorción de los iones arsenato sobre CPa, se lleva a cabo en un material homogéneo y mediante la formación de una monocapa.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Tecnológico de Toluca por todos los recursos y facilidades que se proporcionaron para la realización de la parte experimental. Se agradece el apoyo financiero otorgado a través del proyecto: “Estudio de la viabilidad en el uso de biosorbentes para la remoción de Pb, Cd y Cr del curso alto del río Lerma. Etapa 1: Ref 4626.12-P, 2012”. Finalmente a CONACyT por asistirme con una beca durante la realización de la presente investigación.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Smedley, P.L., Kinniburgh, D.G., (2002). A review of the source, behavior and distribution of arsenic in natural waters. *Appl. Geochem.* 17, 517–568.
- [2] Camacho, L. M., Gutiérrez, M., Alarcón-Herrera, M. T., Villalba, M. L., Deng, S., (2011). Occurrence and treatment of arsenic in groundwater and soil in northern Mexico and southwestern USA. *Chemosphere* 83, 211-225.
- [3] Meza, M.M., Kopplin, M. J., Burgess, J.L., Gandolfi, A.J., (2004). Arsenic drinking water exposure and urinary excretion among adults in the Yaqui Valley, Sonora, Mexico. *Environmental Research* 96, 119-126.
- [4] Del Razo, L.M., Garcia-Vargas, G.G., Garcia-Salcedo, J., Sanmiguel, M.F., Rivera, M., Hernandez, M.C., Cebrian, M.E., (2002). Arsenic levels in cooked food and assessment of adult dietary intake of arsenic in the Region Lagunera, Mexico. *Food and Chemical Toxicology*, 40, 1423-1431.
- [5] García-Rosales, G., Colín-Cruz, A., (2010). Biosorption of lead by maize (*Zea mays*) stalk sponge. *Journal of Environmental Management* 91, 2079-2086.
- [6] Albadarin, A.B., Mangwandi, C., Walker, G.M., Allen, S.J., Ahmad, M.N.M., Khraisheh, M., (2013). Influence of solution chemistry on Cr (VI) reduction and complexation onto date-pits/tea-waste biomaterials. *Journal of Environmental Management* 114, 190-201.
- [7] Feng, N.-c., Guo X.-y., (2012), Characterization of adsorptive capacity and mechanisms on adsorption of copper, lead and zinc by modified orange peel. *Trans. Nonferrous Met. Soc. China* 22, 1224-1231.
- [8] Kim, H.J., Eom, Y.G., (2001). Thermogravimetric analysis of rice husk flour for a new raw material of lignocellulosic fiber-thermoplastic polymer composites. *Mokchae Konghak* 29, 59–67.
- [9] Lin, S., Lu, D., Liu, Z., (2012). Removal of arsenic contaminants with magnetic $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ nanoparticles. *Chemical Engineering Journal* 211–212, 46–52.

[Indice](#)



Por la revalorización de los residuos

SOCIEDAD MEXICANA DE CIENCIA Y TECNOLOGIA APLICADA A RESIDUOS SOLIDOS. AC