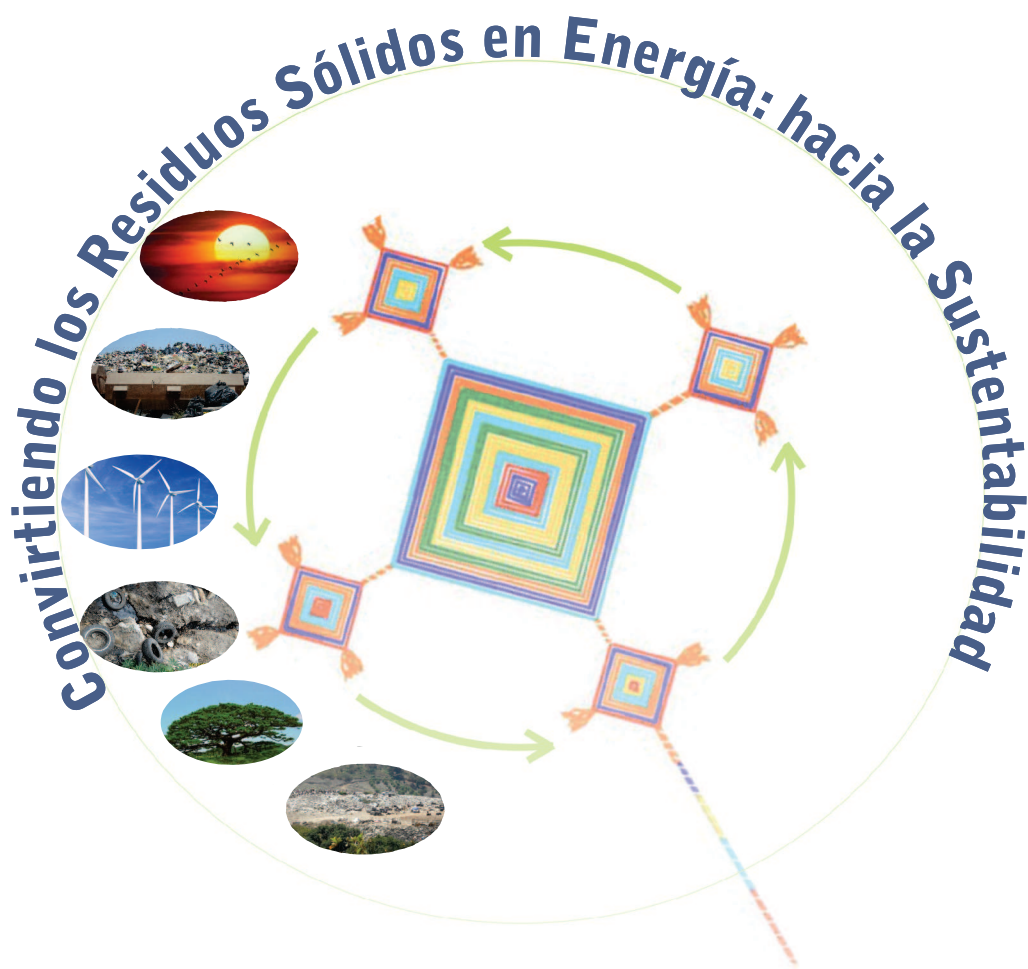


6^o ENCUENTRO NACIONAL DE EXPERTOS EN RESIDUOS SÓLIDOS

Memorias



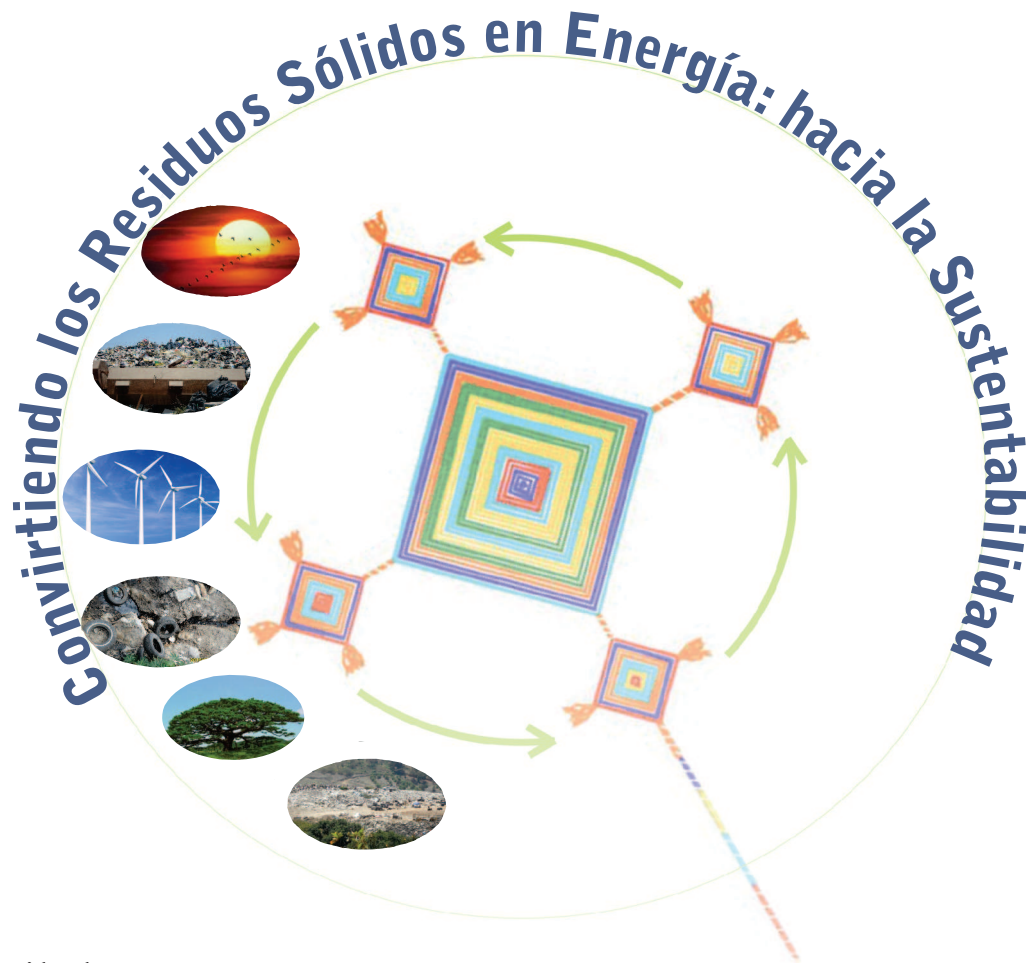
Compiladoras

Claudia Estela Saldaña Durán
Sarah Ruth Messina Fernández
Irma Paz Hernández Rosales



6^o ENCUENTRO NACIONAL DE EXPERTOS EN RESIDUOS SÓLIDOS

Memorias



Compiladoras

Claudia Estela Saldaña Durán
Sarah Ruth Messina Fernández
Irma Paz Hernández Rosales

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aplicada a Residuos Sólidos A. C.

Convirtiendo los Residuos Sólidos en Energía: hacia la Sustentabilidad

Compiladores: Claudia Estela Saldaña Durán
Sarah Ruth Messina Fernández
Irma Paz Hernández Rosales

Diseño: Alicia Delgado López
Edición: Cuerpo Académico de Sustentabilidad Energética

Primera edición 2013
© 2013

Derechos reservados conforme a la ley

ISBN 978-607-96258-0-1

Queda prohibida la reproducción parcial o total, directa o indirecta del contenido de la presente obra, sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito del editor, en término de la Ley Federal del Derecho de Autor y en su caso, de los tratados internacionales aplicables.

Impreso y hecho en México

Un agradecimiento especial por el apoyo financiero al COCYTEN a través del proyecto Apropriación Social de la Ciencia, Tecnología e Innovación con énfasis en zonas marginadas del Estado de Nayarit para impresión de este tiraje.

LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT

y

**La Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología
Aplicada a Residuos Sólidos**

11, 12 y 13 de Septiembre de 2013

COMITÉ ORGANIZADOR

Dra. Claudia Estela Saldaña Duran

Dra. Sarah Ruth Messina Fernández

Dra. Irma Paz Hernández Rosales

M. en Arq. Alicia Delgado López



COMITÉ TÉCNICO CIENTÍFICO

Dr. Gerardo Bernache Pérez

Centro de Investigaciones y Estudios Superiores
en Antropología Social

Dra. María Dolores Bovea Edo

Universidad Jaume I España

Dra. Claudia Estela Saldaña Durán

Universidad Autónoma de Nayarit

M.C. Rosa María Espinosa Valdemar

Universidad Autónoma Metropolitana
Azcapotzalco

Dra. Gisela Montero Alpírez

Universidad Autónoma de Baja California

Dr. Daniel Saucedo Carvajal

Universidad Autónoma de Baja California

Dra. Alethia Vázquez Morillas

Universidad Autónoma Metropolitana
Azcapotzalco

Dr. Antonio Gallardo Izquierdo

Universidad Jaume I España

Dra. Samantha E. Cruz Sotelo

Universidad Autónoma de Baja California

Dr. Fabián Robles Martínez

Instituto Politécnico Nacional,UPIBI

Dra. Liliana Márquez Benavides

Universidad Michoacana de San Nicolás de
Hidalgo

Dr. Jorge Lugo de la Fuente

Universidad Autónoma del Estado de México

Dra. Sara Ojeda Benítez

Universidad Autónoma de Baja California

Dr. Francisco Colomer Mendoza

Universidad Jaume I España

M.C. Guillermina Gómez Beltrán

Universidad Tecnológica del Valle de Toluca

Dr. Pedro del Águila Juárez

Universidad Autónoma del Estado de México

Dr. Paul Taboada González

Universidad Autónoma de Baja California

M.C. Marling Leticia Tellez López

Universidad Tecnológica del Valle de Toluca

Dra. María Consuelo Hernández Berriel

Instituto Tecnológico de Toluca

M.I. Ana López Martínez

Universidad de Cantabria España

M.I. Susana Llamas

Universidad del Cuyo Argentina

Dra. María del Consuelo Mañón Salas

Universidad Politécnica del Valle de Toluca

Dr. Jesús Bernardino Velázquez

Fernández

Universidad Autónoma de Nayarit

Dra. Sarah Ruth Messina Fernández

Universidad Autónoma de Nayarit

Dr. Otoniel Buenrostro Delgado

Universidad Michoacana de San Nicolás de
Hidalgo

Dra. Irma Paz Hernández Rosales


Universidad Autónoma de Nayarit

Dr. Hipólito Romero Tehuitzil

Instituto de Investigaciones Eléctricas

INSTITUCIONES PARTICIPANTES

CIESAS Occidente
CINVESTAV-Unidad Mérida
Colegio de Postgraduados
El Colegio de la Frontera Norte
Instituto Politécnico Nacional
Instituto Tecnológico de Chihuahua
Instituto Tecnológico de Mexicali
Instituto Tecnológico de Morelia
Instituto Tecnológico de Tepic
Instituto Tecnológico de Toluca
Instituto Tecnológico Superior de Centla
Pontificia Universidad Javeriana
Proyecto Ecovía, Vías Verdes, A.C., Guadalajara
Universidad Autónoma de Baja California
Universidad Autónoma de Guadalajara
Universidad Autónoma de Guerrero
Universidad Autónoma de Nayarit
Universidad Autónoma de Tlaxcala
Universidad Autónoma del Baja California
Universidad Autónoma del Estado de México
Universidad Autónoma Metropolitana
Universidad de Colima
Universidad de Guadalajara
Universidad de Guanajuato
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Universidad Nacional Autónoma de México
Universidad Politécnica del Valle de Toluca
Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga
Universidad Veracruzana





PREFACIO

En nombre del Comité Organizador les damos la más cordial bienvenida. Es un honor para la Universidad Autónoma de Nayarit y la Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología aplicada a Residuos Sólidos realizar el 6° Encuentro Nacional de Expertos en Residuos Sólidos. El propósito de este evento es presentar resultados de proyectos de investigación relacionados con la gestión sostenible de los residuos sólidos y del aprovechamiento de las energías renovables. El primer encuentro se realizó en la Universidad Autónoma de Baja California en Mexicali, Baja California en el 2007. Posteriormente, se han realizado en el 2009 en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en Morelia, Michoacán, en el 2010 en la Universidad Metropolitana de Azcapotzalco, y en el 2011 en la Universidad Metropolitana de Xochimilco ambos en el Distrito Federal, en el 2012 en la Universidad Veracruzana en Xalapa, Veracruz.

El 6o encuentro de expertos en RSU reúne especialistas, investigadores, consultores, funcionarios públicos, e interesados en presentar los últimos avances de investigación, desarrollos tecnológicos y productos centrados en el tema de los residuos sólidos.

La Riviera Nayarita está considerada como un tesoro del pacífico mexicano, con una extensión de casi 300 kilómetros de litoral, ofrece una diversidad en sus paisajes, playas, flora, fauna y gastronomía y es un honor para nuestro estado ser la sede en 2013. Esperamos que este evento sea todo un éxito y nuevamente les damos la más cordial bienvenida y les deseamos que tengan una excelente estancia.

Claudia Estela Saldaña Durán
Coordinador General

APARTADO I

Gestión y Política Ambiental
Impacto y Riesgo Ambiental
Sociedad y Gobierno



ÍNDICE POR CONTENIDO

Gestión y política Ambiental	Manejo de la basura en Teocelo, Ver; un caso de éxito.....	1
	<i>Leticia Garibay Pardo, Héctor V. Narave Flores, Francisco Martínez Tlapa, Ma. de los Ángeles Chamorro Zárate, Yadeneyro de la Cruz Elizondo y Erika Y. Cruz Aburto</i>	
	Monitoreo estadístico de RSU generados en el ITSCe.....	7
	<i>Mayra Genezareth Contreras Pérez, Nayme Montero Gordillo</i>	
	La Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos y los Mercados Públicos en el Distrito Federal, México.....	13
<i>Rosalba Esther Morales Pérez, Laura Meraz Cabrera</i>		
Minimización de RSU en el municipio de Toluca.....	19	
<i>Erika Rodríguez De Gress</i>		
Plan de Manejo Integral de Residuos de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.....	25	
<i>José Apolinar Cortés, Perla A. Barbosa Muñoz, Arcaeli Gabriela Andrade Servín, Federico Hernández Valencia, Alejandra Reyes Ortiz</i>		
Impacto y Riesgo Ambiental	Políticas y mecanismos disruptivos en la gestión de un sistema de residuos sólidos urbanos con tendencia a la baja en instituciones educativas de nivel superior.....	31
	<i>Sergio Alejandro Quiroz González</i>	
	Estimación de metano generado en el relleno sanitario de Zinacantepec, estado de México.....	37
	<i>Víctor Jessé Marín Calderón, Laura Verónica Díaz Archundia, María del Consuelo Hernández Berriel, María del Consuelo Mañón Salas, Julio César González Juárez, Evelia Santillán Ferreyra</i>	
Los derechos humanos frente a la contaminación generada por la disposición final de Residuos Sólidos.....	42	
<i>Gerardo Bernache Pérez, Meybolt L. Ruvalcaba Mora y Daniella F. Ruiz- Magaña Avalos</i>		
Gasto de Energía Fósil en el proceso de granjas de aves de engorde.	48	
<i>Alejandra Arroyo Pitacua, Liliana Márquez Benavides, J. Arce Menocal, Edgar L. Moreno Goytia</i>		

	Efecto de los lodos residuales en la actividad enzimática en dos suelos agrícolas.....	53
	<i>Nancy Judith Serrano García, Rocío Vaca, Jorge Lugo, Pedro Del Águila</i>	
	Estudio de interacciones entre residuos plásticos y sistemas acuáticos.....	60
	<i>Juan Carlos Álvarez Zeferino, Ricardo Israel Flores Mondragón, Mariel Anel García Rivera, Margarita Beltrán Villavicencio, Rosa María Espinosa Valdemar, Maribel Velasco Pérez, Alethia Vázquez Morillas</i>	
Sociedad y Gobierno	La campaña intermunicipal de acopio y tratamiento de los residuos eléctricos y electrónicos en Jalisco 2013.....	66
	<i>María Olivia Peña Ortiz, Sofía Chávez Arce, Gerardo Bernache Pérez, José Antonio Guevara</i>	
	La separación de residuos sólidos en escuelas primarias ¿Moda o costumbre?.....	72
	<i>Diana Janeth Ruiz Córdoba, Ma. de los Ángeles Chamorro Zárata, Leticia Garibay Pardo, Héctor V. Narave Flores y Erika Y. Cruz Aburto</i>	
	El manejo de los residuos electrónicos en Jalisco 2010-2013.....	78
	<i>Gerardo Bernache Pérez, José Antonio Guevara García, María Olivia Peña Ortiz y Sofía Chávez Arce</i>	
	Lógica difusa para evaluar la influencia de las variables psicográficas en el comportamiento ambiental del consumidor.....	94
	<i>Wendolyn Elizabeth Aguilar Salinas, Sara Ojeda Benítez, Hugo Favela, Samantha Cruz Sotelo</i>	
	Prácticas de manejo del teléfono celular en estudiantes de educación media superior.....	91
	<i>Samantha E. Cruz Sotelo, Sara Ojeda Benitez, Hugo Favela Ávila, Socorro Ureña Valenzuela, Wendolyn Aguilar Salinas</i>	
	Hábitos de consumo y disposición de aparatos eléctricos y electrónicos en dos ciudades del noreste de México.....	97
	<i>María Eugenia González Ávila</i>	
	Acciones para enseñar y sensibilizar en el cuidado y preservación del recurso natural (playa) y su problemática con los residuos sólidos.....	104
	<i>Ernesto Pérez León, Roxana Pérez López, Lidia Silva Iñiguez, Aurelio Guizar-Déniz</i>	
	Comportamiento ecológico evaluado mediante una escala de actitudes en el Instituto Tecnológico de Tepic.....	108
	<i>Manuel Rosales Flores, Claudia E. Saldaña Durán, L. Maldonado-López, Alejandro Ruiz-Bernés</i>	

Clusterización difusa: una herramienta para identificar perfiles de comportamiento ambiental.....	113
<i>Wendolyn Elizabeth Aguilar Salinas, Sara Ojeda Benítez, Hugo Favela, Samantha Cruz Sotelo</i>	
Comparación en recuperación. Materiales reciclables en dos comunidades de Baja California.....	119
<i>Hugo Favela Ávila, Sara Ojeda Benítez, Samantha Cruz Sotelo, Karla Garduño Palomino, Wendolyn Aguilar Salinas</i>	
Percepción estudiantil sobre su Rol en la reducción de residuos a través del ecodiseño.....	125
<i>Quetzalli Aguilar-Virgen, Paul Taboada-González, Sara Ojeda-Benítez, Samantha Cruz-Sotelo</i>	
Informar y Enseñar a la sociedad: la problemática de los residuos sólidos en el recurso natural “manglares”.....	131
<i>Roxana Pérez López, Lidia Silva Iñiguez, G. Alicia Jiménez Ramón, Claudia Gutiérrez Corona y Pérez León Ernesto</i>	

Manejo de la basura en Teocelo, Ver; un caso de éxito.

Leticia Garibay Pardo, Héctor V. Narave Flores, Francisco Martínez Tlapa,
Ma. de los Ángeles Chamorro Zárate, Yadeneyro de la Cruz Elizondo y Erika Y. Cruz Aburto.

Facultad de Biología – Xalapa. UV.
Circuito Francisco Aguirre Beltrán S/N.
Zona Universitaria, Xalapa, Ver.
lgaribay@uv.mx

Resumen

En el 2001, en Teocelo, Ver., se inicia el proyecto de separación de basura en toda la población, para recuperar los residuos orgánicos. Se hizo un primer módulo de lombricomposta y mediante la capacitación de casa en casa, por un grupo de jóvenes de la Organización de Estudiantes de Teocelo, se logró que el 60 % de la población atendiera la solicitud y pasados cinco meses se alcanzó el 90 %. El abono producido se utilizó en 60 invernaderos de tomates y pimiento morrón. En el 2002 se obtuvieron los premios: Estatal del Medio Ambiente, Mejor Servidor Público y por el CIDE. Al cambio de gobierno el proyecto finaliza. En el 2008, vuelve a surgir con un ayuntamiento que lo apoya. Se construye en un espacio propicio una planta de lombricomposta con 30 camas de 1.20 m de ancho, 30 de largo y 0.50 de profundidad, cubiertas con maya-sombra, plataformas para recibir el residuo, salón y bodega. En colaboración con la Facultad de Biología-Xalapa, 120 alumnos van a las casas, platican con las personas; algunas, muy compenetradas al proyecto. Al cambio del gobierno municipal la planta sigue operando, las personas separan sus residuos orgánicos y se recuperan otros reciclables. La planta reciben dos y media toneladas diarias de materia orgánica; se selecciona, limpian y ponen a compostear en dos periodos de siete días c/u, antes de incorporarlas a las lombrices del genero *Eisenia foetida* o lombriz californiana. Con el abono se fortalece la producción agropecuaria de cultivos de la zona como el café.

Palabras Clave: *Municipio, separación, residuos orgánicos y lombricomposta.*

1. Introducción

Una idea surgió de un joven biólogo emprendedor, quien gracias al apoyo de un gobierno municipal congruente con las necesidades sociales y ambientales propias de los municipios llevó al desarrollo de una práctica de sustentabilidad, que al paso del tiempo ha dado grandes frutos a ese hermoso poblado histórico del bosque mesófilo de montaña; Teocelo.

Y ya era el destino para Teocelo esta práctica; pues anteriormente se firmó un convenio de “Transferencia y Capacitación Tecnológica para la realización de lombricompostaje, con el producto de la cáscara de café”. Práctica hoy extendida a todos los residuos orgánicos de Teocelo [1].

Los municipios mexicanos enfrentan grandes desafíos. Cuando se considera que en cada territorio municipal se desarrolla y transcurre la vida de todos los que habitamos el país, en realidad se está hablando de que el municipio, es el espacio local donde se articulan los diferentes intereses y necesidades de los actores que interactúan en el desarrollo.

México enfrenta numerosos problemas que están comprometiendo el desarrollo regional equilibrado. Cuenta con tres sistemas de planeación para atender la misma realidad socio espacial: la planeación del desarrollo, la planeación de los asentamientos humanos y la planeación ambiental. No obstante, estos sistemas se enfrentan a las dificultades del entramado institucional de la coordinación intergubernamental y a la sectorialización de las políticas, como para hacer realidad acuerdos y coordinaciones, generando costos elevados para el desarrollo sustentable de nuestros territorios [2].

Para los municipios la presentación de los servicios públicos es una gran responsabilidad que deben satisfacer con la planeación y el desarrollo sustentable de su territorio. Constituye también uno de los elementos fundamentales que mantiene su relación con la comunidad, dada su naturaleza y su función de instancia pública para el desarrollo local y su valor regional estratégico.

Y así, el panorama que caracteriza a la mayoría de los gobiernos locales impacta el ritmo integral de su desarrollo. En particular, cuando se trata del tema de la generación y manejo adecuado de los residuos que producen las sociedades en la vida cotidiana, los municipios encargados de su gestión, enfrentan enormes dificultades para hacerlo de modo adecuado y con mínimo impacto ambiental.

2. Desarrollo

En abril de 2001, en Tejería, Municipio de Teocelo, Veracruz; se inició y se puso a prueba un primer módulo de lombricomposta para recibir todos los residuos orgánicos recuperados de las casas de Teocelo. El terreno, fue prestado por la comunidad para esos fines; con la advertencia de que si se convertía en un basurero, se les clausuraría. Y así el 7 de junio del mismo año, opera formalmente esta primera planta para convertir los residuos orgánicos utilizando la lombricomposta en abonos para la agricultura. Quien inicia esta práctica ambiental es el Director de Ecología del Municipio siendo impulsado por el Presidente Municipal 2000 - 2004; quien aprobó y apoyó el proyecto. De acuerdo al último censo del INEGI, la población del municipio es de 16, 316 habitantes; 9,967 en la cabecera y el resto en comunidades rurales. El número de viviendas es de 4 212, en todo el municipio, pero no todas cuentan con servicios como el de recolección de basura [3].

Para lograr esta primera estrategia, se capacitó a un grupo de jóvenes pertenecientes a la Organización de Estudiantes de Teocelo OET; que mediante un tríptico informativo, fueron de casa en casa a platicar y difundir el proyecto de la separación de la basura, de todo el componente orgánico en una primera parte, y así separando esa parte, el resto de la basura se puede decir ya no se ensucia y es menos difícil su manejo.

Con la primera campaña de visitas y difusión, se logra un 60 % de la participación ciudadana y gracias a mas talleres que se fueron dando en diferentes espacios, tanto por el Biólogo encargado, como por su gran equipo de jóvenes emprendedores, en diciembre de ese mismo año, se logra fortalecer el proyecto a un 90 % de la inclusión de los Teoceños en él.

En ese año se logró contabilizar la generación de basura que era alrededor de 12 Toneladas diarias, en todo el municipio, siendo de cuatro a seis toneladas el componente orgánico, por lo que su recuperación, disminuyó el peso y volumen siendo benéfico para el manejo, ya que el depósito final de la basura en los rellenos se cobra por peso, además del ahorro que se logra por el transporte.

Igualmente se realizó la construcción de 60 invernaderos, en donde se aprovechaba el abono; producto de la transformación de los residuos orgánicos que hacen las lombrices del género *Eisenia foetida* conocida como lombriz californiana. Los invernaderos se situaron en diferentes comunidades y cultivaban entre otros productos tomates y pimientos morrones; llegando a ser insuficiente el abono para tan exitosa práctica.

En el año del 2003, se instaló el primer centro de acopio municipal; OCELOT, en el que se recuperaba Hierro, Aluminio, plástico y vidrio. Estos productos se comercializaban con una empresa del Puerto de Veracruz quienes cada mes, venían a recoger los residuos y gracias al fortalecimiento y bien posicionado el proyecto, se realiza un convenio con SICA (Sistema de la Integración Centroamericana).

Debido al cambio del gobierno municipal; del 2005 al 2007, el proyecto se paraliza, mismo que se vuelve a retomar con la siguiente alcaldía en el año del 2008, siendo nuevamente el Biólogo Martínez Tlapa, quien a cargo de la Dirección de Ecología Municipal lo revive y toma nuevos bríos.

3. Resultados y discusión

Logros de esta naturaleza siempre han sido reconocidos por algún órgano de gobierno y así es como Teocelo, la alcaldía y sobre todo el Biólogo Tlapa, ganan en 2002, el Premio Estatal del Medio Ambiente y así mismo en ese mismo año y de manos del Gobernador Lic. Miguel Alemán Velasco, gana un segundo premio de Mejor Servidor Público. Y en ese mismo contexto, Teocelo y Francisco, reciben un tercer premio a nivel nacional del y por el proyecto. Premio que de manos del presidente; Lic. Vicente Fox Quesada, le otorga el Centro de Investigación y Desarrollo Económico CIDE. Ya que el proyecto estaba manejando tanto la separación de la basura, la recuperación, para acopio y venta y el disponer de la materia orgánica para su procesamiento.

El renacer del proyecto, consideró la realización de una planta de lombricomposta, instalada en un lugar muy apropiado a orilla de una ladera pero en una zona arbolada, cercano a la población a 15 minutos de distancia. A la planta le invirtieron \$ 2 800 000.00, que equivale al 40 % del presupuesto anual del municipio en ese ejercicio, algo muy loable pues fue dedicado a una actividad ambiental. La planta de lombricomposta, fue electrificada y se le construyeron dos plataformas donde se recibe el residuo para seleccionarlo aun más, picarlo y ponerlo a airear por siete días; en dos ocasiones, siendo las dos primeras fases de lombricomposteo Figura 1.

También se construyó una gran galera con techo de lámina para diversos usos una plataforma donde se reciben los residuos orgánicos y treinta camas de 1.20 m de ancho por 15 m de largo y 0.50 m de profundidad, cubiertas con maya sombra y riego por aspersión, Figura 2.

La estrategia que siguió el Biólogo, fue acudir a la Facultad de Biología-Xalapa para que conjuntamente con algunos académicos; participáramos con 120 de nuestros estudiantes, Figura 3, quienes a su vez recibieron una capacitación; y de nuevo con un tríptico informativo acudimos casa por casa a platicar con las personas quienes en su mayoría estaban muy compenetradas en el tema, al grado que con entusiasmo vertían explicaciones al respecto. Les era familiar la separación y sus beneficios; y en algunas casas veían con beneplácito el resurgimiento de la separación, mas aun cuando se les informaba de la nueva planta [4]



Figura 1. Dos aspectos de la planta de lombricomposta de Teocelo.



Figura 2. Camas de lombricomposta de la planta.

En Diciembre del 2008, fue la inauguración; asistiendo autoridades municipales y de otros órganos de gobierno estatal, maestros, niños y jóvenes de diferentes niveles educativos de Teocelo, alumnos y académicos de la Facultad de Biología, personas diversas que quisieron participar y algo muy anecdótico, fue que el párroco de la Iglesia con fervor, bendijo la planta; a todos los implicados y ahí presentes; a sus trabajadores, y al proyecto en sí, y dijo que *las acciones de sustentabilidad son parte de la religiosidad de los pueblos, pues tienen que ver con el cuidado de la naturaleza*. En ese sentido la naturaleza y los recursos naturales considerados como una creación divina [5].

A partir de este momento la planta y el proyecto de separación operan con beneplácito y se inicia una nueva actividad relacionada con la investigación científica en el tratamiento de los residuos orgánicos con mayor calidad y más aptos para llevarlos a la lombricomposta y la producción de abonos, debida a la transformación aeróbica que hacen las lombrices.

Gracias al éxito del proyecto y sus resultados tan alentadores; TV Azteca Nacional, le entregan en el año de 2009 a el Biólogo Martínez Tlapa, al Ayuntamiento y al pueblo de Teocelo el premio “Limpiemos México” y nuevamente la CIDE le otorga un reconocimiento nacional, por todas las investigaciones realizadas.



Figura 3. Estudiantes de la Facultad de Biología-Xalapa, participando en la capacitación para la separación de la basura en Teocelo.

Actualmente la planta sigue operando y el proyecto continúa posicionado. Y aun al cambio del Ayuntamiento esta práctica ambiental se sigue dando y mas acciones de sustentabilidad se están trabajando en Teocelo.

La planta de lombricomposta recibe diariamente, dos y media toneladas de materia orgánica de lunes a jueves, proveniente únicamente de la cabecera municipal, (la otra que se produce se queda en las comunidades rurales, la queman o esparcen en sus terrenos) misma que se selecciona y tritura manualmente y pasa a un primer composteo por espacio de siete días, en que es removido y cambiado para un segundo composteo, antes de incorporarse a las camas de las lombrices; aunque no toda alcanza a ser procesada por las lombrices, pero si utilizada después de un tiempo ya que se ha transformado, como abono orgánico.

La planta opera de lunes a sábado en horario de 8.00 a 16.00 horas y está a cargo de la Dirección de Desarrollo Regional, un responsable de la planta y cinco trabajadores más. El señor encargado, menciona que a cada cama de lombrices se le incorpora materia orgánica, ya triturada y que ha sido aireada y sometida a los periodos de composteo de siete días cada uno Figura 4. Después de aproximadamente de ocho a nueve meses se retira el producto, es decir el abono listo que ha sido transformado por las lombrices, mismo que se pone secar; después se lleva a las cribas para separar los residuos que se pudieron pasar y ya lo que sale se encostala y/o se embolsa. Para lograrlo, se ponen en la superficie de las camas una “trampa”; (arpillas), colocando encima residuos orgánicos frescos. Estos atraen a las lombrices, quienes suben a la trampa y ahí quedan atrapadas mientras se extrae todo el abono listo. Posteriormente se vuelven a colocar en las camas a las lombrices y se les incorpora residuos orgánicos, encima para que inicien de nuevo la transformación. Algo muy importante es el proveerles constantemente de agua para conservar la humedad y que tengan una buena sombra.

El abono es vendido a \$ 3.00 el Kg, pero si la compra es mayor de 100 Kg se vende a \$ 2.50 y para incentivar a los agricultores de café empadronados, para la replicación del modelo, se les vende a \$ 1.50 el Kg.



Figura 4. Galera de la planta y materia orgánica para incorporarse a las camas.

4. Conclusión

Hoy podemos decir que gracias a un gobierno municipal preocupado por las cuestiones ambientales y que ha recurrido a la academia, es un ejemplo nacional y se debe de tomar como un modelo de desarrollo regional sustentable; que sin duda llevará a su comunidad a obtener una mejor calidad de vida, de salud, de armonía con el entorno y muchos beneficios más.

Nada tiene que ver con proyectos individuales, grupales, ni ideologías políticas que hacen que los proyectos como este de Teocelo sustentable; que como vemos es evidentemente exitoso, se pierda en la indolencia y/o en la corrupción de nuestra sociedad.

Es necesario que el proyecto no decaiga en la siguiente administración y que se sigan realizando estudios de cuanto se produce con exactitud de abono orgánico por tonelada de materia orgánica seleccionada. Cuanto se vende se dona y tener datos exactos para que sea considerado como un negocio.

Igualmente este proyecto es un ejemplo y un piloto para replicarse en otros municipios que verdaderamente quieran trascender a acciones de sustentabilidad. Sobre todo aprovechando las condiciones del clima, suelo, topografía, vegetación y tamaños similares de muchos de los municipios aledaños de la región con consideraciones similares.

Referencias Bibliográficas

- [1] <http://www.alcalorpolitico.com/informacion/nota.php?idnota=56387> Consultado el 17 de mayo de 2013
- [2] Galván-Meraz, F; Leticia Santín-del Río. 2012. *Asociacionismo Intermunicipal. Estrategias para el desarrollo Sustentable del Territorio y de los Servicios Públicos en México*. Arlequín Editorial y Servicios, S. A. de C.V. México. pp. 7 - 14.
- [3] <http://www.veracruz.gob.mx/finanzas/files/2013/04/Teocelo.pdf>. Consultado el 24 de julio de 2013
- [4] Martínez-Tlapa, Francisco. 2008. *Producción de lombricomposta a través de los residuos orgánicos del Municipio de Teocelo*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología-Xalapa. Universidad Veracruzana. pp. 49.
- [5] http://www.vicariadepastoral.org.mx/proyectos/EMF/encuentro_familias_12.htm Consultado el 12 de junio de 2013.

Monitoreo estadístico de residuos sólidos urbanos generados en el ITSCe.

¹Mayra Genezareth Contreras Pérez, ²Nayme Montero Gordillo.

¹ Instituto Tecnológico Superior de Centla. Col Ejido Siglo XXI S/N. 33 2-13-81. mayracontrerasp@hotmail.com.

² itscentla@itscentla.edu.mx

Resumen

Una vez que un artículo completa su vida útil se denomina erróneamente como “basura”. La inadecuada disposición final de los Residuos Sólidos Urbanos, como debe nombrarse, generalmente terminan en cuerpos de agua y en tiraderos a cielo abierto; en el peor de los casos son incinerados, conduciendo la liberación de peligrosos contaminantes al suelo, agua y atmósfera, causante de efectos adversos al ambiente. A partir del año 2009 se inicia la gestión de los residuos en el ITSCe. El objetivo del proyecto es monitorear y cuantificar la generación de RSU generados en el Instituto en el periodo 2011-2013. La importancia radica en evitar la contaminación del ambiente, iniciando desde la clasificación, reutilización y reciclaje de los siguientes materiales; papel, cartón, vidrio, envolturas, PET y materia orgánica. Éste último se dispone para la realización de composta, en los Programas de Reforestación e Hidroponía dirigidas por el ITSCe. La totalidad de la población tecnológica es de 1119 personas que la integran los estudiantes, docentes y administrativos. Misma que generó 2709.8 kg de PET, 159kg de Papel; 39.4 kg de Vidrio; 385 piezas de Envolturas y 165 kg de Materia orgánica en el periodo 2012-2013. Los resultados expresados anteriormente, definen al ITSCe como un pequeño generador de RSU. Bajo éste enfoque busca contribuir en la responsabilidad medioambiental y potenciarla para asegurar la normatividad aplicable en la práctica de la Gestión de los RSU.

Palabras Clave: *Clasificación, Gestión, Reciclaje, Reutilización, IES (Instituciones de Educación Superior).*

1. Introducción

Actualmente hablar de residuos es sinónimo de problema ambiental, y esto se presenta a nivel mundial. Cada día a cada hora se generan toneladas de residuos sólidos, es entonces de suma importancia que del lugar donde se forman a los futuros profesionistas, se inicie la cultura para la preservación del ambiente [3]. La generación, manejo y disposición final de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) presentan una serie de problemas en la mayoría de las instituciones educativas de cualquier nivel, en nuestro país, esta situación ha sido analizada en diversos estudios [2], dicha problemática se manifiesta en riesgos para la salud humana y el ambiente, el incremento en la generación Residuos Sólidos Urbanos (RSU) ocasiona costos crecientes aunados a su recolección, manejo y disposición final. Asimismo, el depósito final, ya sea en relleno sanitario o en tiradero requiere de grandes extensiones de terreno apropiado, el cual es escaso o inexistente en algunas regiones.

El manejo ecológicamente sustentable y económicamente rentable de los Residuos Sólidos se puede lograr mediante una estrategia asociada a la reducción, la reutilización y el reciclaje, tal es el caso del Instituto Tecnológico Superior de Centla, el cual busca cuantificar la generación per cápita ecuación, de los residuos sólidos urbanos incluyendo papel, tereftalato de polietileno, vidrio, residuos orgánicos, empaques y la generación anual de estos residuos durante el periodo 2011 – 2013.

Ahora bien, nos corresponde cambiar la idea de que los residuos sólidos son un problema ambiental, al contrario, si implementamos técnicas y tecnologías para su aprovechamiento, podrán ser un buen aliado para la solución de problemas ambientales, como el caso de los residuos orgánicos[4]. Se describirá entonces, la metodología empleada para realización del presente proyecto.

2. Desarrollo

2.1. Sitio de monitoreo

El lugar del monitoreo es el Instituto Tecnológico Superior de Centla, el cual se crea con el firme propósito de impulsar el desarrollo científico y tecnológico de la región, consolidarse como una Institución preponderante, participativa y crítica. Se encuentra ubicado en el estado de Tabasco, en la ciudad y puerto de Frontera, perteneciente al municipio de Centla.

Al tiempo de realizarse el presente proyecto se contaba con una población tecnológica de 991 alumnos, 70 administrativos y 70 docentes, haciendo un total de 1119 individuos, mismos que son utilizados para la generación de datos del monitoreo.

El campus está compuesto en su totalidad con 7 edificios. El edificio “A” cuenta con oficinas administrativas, aulas, consultorio médico y un laboratorio. El edificio “B” pertenece a oficinas administrativas y en su mayoría a las aulas. El edificio “Centro de Información” básicamente oficinas administrativas. El edificio “Centro de Desarrollo de la Tecnología y la Información” es el área donde se encuentra el centro de cómputo de la institución así como los laboratorios de las Carreras de Ing. En sistemas y TIC’s, el edificio del “Taller de Electromecánica” como su nombre lo indica es el lugar donde los alumnos de dicha carrera hacen sus prácticas, además de contar con oficinas administrativas. El edificio de “Recursos Materiales” es el lugar donde se almacena todo equipo y/o material que se utiliza en el mantenimiento del campus, el edificio “Cafetería” es el lugar donde se genera la mayor cantidad de RSU en el Campus. Cada área (oficina, aula, comedor, laboratorios, consultorio médico y bodegas) cuenta con tres contenedores destinados para la clasificación de residuos orgánicos, unos para residuos inorgánicos y el tercero para papel. Las áreas verdes y pasillos que conectan a cada edificio cuentan con los contenedores clasificadores de residuos orgánicos, inorgánicos, PET, vidrio y empaques.

A lo largo del periodo comprendido 2009-2012 se han implementado unas series de subprogramas de manejo integral de diversos residuos. Iniciando en el 2009 con el sistema de recolección del Tereftalato de Polietileno (PET), el segundo programa es el sistema de recolección de papel, seguido por los programas de recolección de materia orgánica, vidrio y por último el de envoltura y empaques.

El proyecto se llevó a cabo en 2 fases:

- 1.- Análisis de Campo/Planeación
- 2.- Aplicación Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos del Sistema de Gestión Ambiental

2.2. Análisis de Campo

Es importante iniciar definiendo qué es residuo y su clasificación a fin de entender sus diferencias y características propias del manejo de cada uno de ellos, así como los derechos y obligaciones que contraen los generados, poseedores y prestadores de servicio de los residuos peligrosos [1].

Según la ley general para la prevención y gestión integral de los residuos los define como, un 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 [4].

Hasta el año 2009, los residuos sólidos urbanos generados en el Instituto Tecnológico Superior de Centla, los residuos eran recolectados por el sistema del H. Ayuntamiento y dispuestos en un tiradero a cielo abierto, donde se generaban malos olores, fauna nociva y lixiviados, que se filtraban al manto acuífero y tomando en cuenta su referencia geográfica contaminaba de manera directa los cuerpos de agua.

Los objetivos del programa del manejo integral de residuos son el de monitorear y generar una cuantificación estadística sobre la generación de los residuos. Para evitar la contaminación generada se trazó un estrategia del sistema Integral de Residuos que se basa en el monitoreo y reducción del volumen de estos por medio de la reducción, separación y reciclaje mediante el manejo integral de residuos que se direcciona en la separación recolección, reciclaje y disposición final.

Este trabajo muestra los resultados obtenidos con un programa de manejo integral de residuos establecidos en el sistema de gestión ambiental del Instituto Tecnológico Superior de Centla.

2.3. Aplicación del Sistema de Gestión Ambiental

Para alcanzar los objetivos, se implementaron acciones que se pueden agrupar en 3 fases como se describe a continuación.

Fase 1:

- Identificación del volumen de residuos generados en el ITSCe.
- Designación de un responsable del programa y de un coordinador administrativo (del Sistema de Gestión Ambiental) y uno académico (Responsable del Programa Manejo Integral de Residuos Sólidos No Peligrosos).
- Identificación de los procesos empleados para eliminar los residuos antes de iniciar el programa, así como de los cambios que implicaba el programa.
- Identificación de las personas involucradas con el manejo de los residuos en la institución
- Realización de reuniones con el personal administrativo y de intendencia para capacitación y explicarles el objetivo y las acciones de programa de reducción de residuos de la Institución.
- Ubicación estratégica de contenedores para clasificar los residuos en el origen.
- Difusión del programa por medio del programa “Difusión de la Cultura Ambiental”.

Fase 2:

- Acondicionamiento del área para envases de tereftalato de polietileno PET, papel, materia orgánica, vidrio y empaques.
- Recolección periódica (cada dos días para todos los inorgánicos y diaria para los orgánicos en todos los edificios y pasillos).
 - ✓ Papel: diarios, libros, revistas, papel de seda, impresos comerciales, papel de oficina.
 - ✓ Vidrio: envases de vidrio (blanco, verde, ámbar).
 - ✓ Empaques (envolturas de pan dulce, galletas, botanas y pan blanco).
 - ✓ Plásticos: PET (Tereftalato de Polietileno).
 - ✓ Materia Orgánica (Restos de frutas, verduras y jardinería).
- Pesado semanal del residuo proveniente de todas las áreas del ITSCe.

Fase 3:

- Elaboración de manualidades realizadas con el material recolectado (tereftalato de polietileno PET, papel, vidrio y empaques).
- Elaboración de compostas para el “Programa de Reforestación” e “Hidroponia”.
- Presentación de manualidades en Actividades para el fomento de la Cultura Ambiental.
- Venta de los subproductos reciclables
- Difusión de los resultados por medio del programa “Promoción de la Cultura Ambiental”

3. Ecuaciones

Es posible construir análisis de los residuos sólidos urbanos generados para una población; continuación se detallan los valores de generación per cápita para una población de 1119 habitantes. A partir de la serie de datos obtenidos a cerca del peso de los residuos se procedió al cálculo por área y con éste dato entre el número de la población [5].

$$\text{Producción diaria per cápita promedio} = \frac{\text{producción per cápita} [\text{Kg/día}]}{\text{población atendida} [\text{hab}]} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Producción diaria per cápita promedio} = \frac{3.5 [\text{Kg/día}]}{1119 [\text{hab}]} \times 100 = 0.33 \text{kg/día} - \text{hab}$$

4. Figuras y tablas

Tabla. 1: Cuantificación de los residuos sólidos generados en el Instituto tecnológico Superior de Centla durante el periodo 2011-2023.

Año	PET Kg/año	Papel Kg/año	Materia Orgánica Kg/año	Vidrio Kg/año	Empaques Kg/año
2011	777.7	Sin Aplicar	Sin Aplicar	Sin Aplicar	Sin Aplicar
2012	888.5	106.5	75	20	No Aplicaba
2013	1043.6	52.5	90	19.4	385
Total	2709.8	159	165	39.4	385

5. Conclusiones

De acuerdo a los resultados de esta investigación, la producción generada de residuos PET durante el año 2011 fue de 777.7 kg/año y en el 2012 es de 888.5 dando una totalidad de 1666.2 kg en los dos años. Ver tabla 1.

En cuanto la generación de papel, el Programa de Manejo Integral se implementa por primera vez en el mes de Mayo del 2012; a la fecha se han recolectado más de 150 kg de este material, es de importancia mencionar que los contenedores recolectores se ubicaron en tres sectores, son oficinas administrativas, oficinas docentes y aulas.

El manejo de los residuos orgánicos se inicia en septiembre del año 2012; el sector con mayor generación es de la cafetería del Instituto y ésta se dispone para la elaboración de productos sustentables como compostas, hidroponía y biofertilizantes, mediante la recuperación de lixiviados, y trabajos de remediación de suelos.

El Programa de Manejo de Residuos Sólidos, integra en el mes de Agosto del año 2012, la recolección del vidrio como un residuo denominado “no peligroso”, recolectando hasta el mes de abril, 39.4 kg. El último tipo de residuo que implementó es el de recolección de empaques y envolturas, generando de enero 2013 hasta el mes de abril del 2013, 385 piezas. Todos los residuos que se recolectan en el Instituto Tecnológico Superior de Centla, son destinados a la elaboración de talleres de manualidades dentro de la misma Institución o en escuelas de nivel básico.

En el transcurso de la implementación del Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos, se observó que el volumen de los residuos crecía considerablemente, cabe aclarar que la diferencia entre los años 2011 y 2012 se debe a los periodos de ingresos de nuevos alumnos ya que cada año aumenta la matrícula, por lo tanto, la generación de residuos por persona, indica que existe evidencia de que el promedio de generación de Residuos Sólidos Urbanos entre la población es equitativa, al tener una producción promedio de 3.5 kg/día concluyendo que se debe de mantener el monitoreo de los residuos de manera constante.

Con lo expuesto podemos concluir que se debe de fortalecer el programa de manejo Integral de Residuos Sólidos No Peligrosos, perteneciente al Sistema de Gestión Ambiental Institucional, con el objeto de mejorar las condiciones ambientales existentes mediante la aplicación de ciencia y tecnología, incrementar la calidad en la salud y el bienestar en la comunidad tecnológica, promover prácticas para el uso eficiente de los recursos, generar cambios en la conducta y patrones de consumo de tal manera que la reducción en la generación de residuos se constituya en una de las prioridades en el plan de Gestión de los mismos.

Referencias Bibliográficas

[1]Maldonado, L, Reducción y reciclaje de residuos sólidos urbanos en centros de educación superior: Estudio de caso, 2006, Ingeniería 10-1 (2006) 59-68.

[2]Bernache-Pérez. Sánchez Colón S. Garmendia A. Dávila-Villareal A. y Sánchez-Salazar M. (2001) *Solid waste characterisation study in the Guadalajara Metropolitana zone, Mexico*, *Wastes Management & Research* 19:413-424.

[3]Bernache G. (2003) *the environmental impact of municipal waste management: the case of Guadalajara metro área*. *Resources Conservation and Recycling*. 39 (3) 23-237

[4]Buenrostro, O. y Bocco G. (2003) Solid waste management in municipalities in Mexico: goals and perspectives, *Resources Conservation and Recycling*. 39 pp. 251-263

[5]Ojeda-Benitez S. and Beraud-Lozano J. L. (2003) *the municipal solid waste cycle in Mexico: final disposal*, *Resources Conservation and Recycling* 39 (3) pp. 239-250.

La Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos y los Mercados Públicos en el Distrito Federal, México

Rosalba Esther Morales Pérez, Laura Meraz Cabrera

Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Instituto Politécnico Nacional. Calle 30 de Junio de 1520 Barrio La Laguna Ticomán. C.P. 07340 Gustavo A. Madero, (55) 57 29 6000; extensión 52712 rosalbaesther@yahoo.com.mx

Resumen

Las autoridades locales tienen un papel importante en la prestación de los servicios públicos y son las que tienen mayor cercanía con los ciudadanos. Sin embargo, ante el crecimiento demográfico los gobiernos locales se ven rebasados en el cumplimiento de sus atribuciones.

Actualmente, el Distrito Federal genera 12 mil 664 toneladas por día de residuos sólidos urbanos y los mercados públicos contribuyen aproximadamente con un 3% de ese total. Los mercados son espacios públicos con características de generadores de alto volumen. Este trabajo presenta una revisión de las componentes de la gestión ambiental en materia de residuos sólidos urbanos y su interrelación. Ya que para lograr los objetivos de protección a la salud, al ambiente y a los recursos, además de un marco legal y de soluciones técnicas se requiere de una política y de una administración eficaces.

Palabras Clave: *gobiernos locales, política ambiental, servicio público, sustentabilidad*

1. Introducción

El Distrito Federal (DF) tiene un área de mil 485.9 kilómetros cuadrados y una población al año 2010 de 8 millones 851 mil 80 habitantes [1]. Actualmente, carece de un manejo integral de las 12 mil 664 toneladas por día de los residuos sólidos urbanos (RSU) que genera, y particularmente de un sitio de disposición final [2]. De acuerdo a la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal (LRSDF) [3] los generadores de alto volumen (GAV) deben formular planes de manejo de residuos (PM). Los 318 mercados públicos [4] en el DF generan en promedio 362.3 toneladas diarias de RSU [5] equivalente al 3% del total generado en el DF. Al 2013, los mercados públicos son GAV y en el Inventario de Residuos Sólidos del Distrito Federal 2011 [2] no hay registro de PM de residuos de mercados públicos.

Lo anterior lleva al análisis de la gestión ambiental en el DF en materia de RSU a una década de la emisión de la LRSDF. El retomar los acontecimientos más significativos sirve de base para explicar las condiciones que han prevalecido hasta la actualidad y han afectado el cumplimiento de la legislación particularmente en el caso de los GAV como son los mercados públicos en el DF. Los resultados muestran el desfase entre la política nacional y local, la emisión de legislación, y el diseño de programas de la Administración Pública en materia de RSU. Esto ha tenido repercusión en el logro de la gestión integral.

Este trabajo tuvo por objetivo la revisión de las componentes de la gestión ambiental en materia de RSU en el DF a fin de conocer el contexto que ha dado como resultado el incumplimiento de la legislación ambiental tomando el caso de los mercados públicos como GAV.

2. Desarrollo

Se llevó a cabo una revisión y análisis documental de corte histórico de la gestión ambiental en materia de RSU en el DF. Lo anterior considerando que es un conjunto de actos normativos y materiales, los cuales tienen como finalidad la ordenación del ambiente desde el diseño de la política hasta la realización de acciones para lograr ese fin. Asimismo, sus componentes principales son: la política, el derecho y la administración [6].

A partir de 1930 el hecho más importante en México fue el cambio de una sociedad agraria a una urbana al mismo tiempo que se registraba un incremento en la población. Este cambio trascendental se debió al desarrollo industrial del país, a la construcción de la infraestructura de comunicaciones y a la urbanización. Entre 1930 y 1970 la población se triplicó [7]. Así, en los 1950's surgen los primeros mercados públicos en el DF como canales de abasto de productos de primera necesidad a bajo costo para la creciente población urbana [8].

En 1930 la población de la ciudad de México era de alrededor de un millón de habitantes y creció seis veces en los siguientes 40 años [7]. Durante el periodo de 1940 a 1960, el crecimiento de la población del DF en busca de mejores condiciones de vida, empleo y vivienda dio como resultado un incremento en la generación de basura y una mayor demanda del servicio de limpia. Además de una expansión geográfica hacia los municipios que lo rodean [9]. En 1941 ante la problemática que representaban los tiraderos clandestinos las autoridades del DF establecieron tres plantas incineradoras de basura: en el aeropuerto, en Azcapotzalco y en San Andrés. Ante la inconformidad del principal concesionario de los tiraderos a cielo abierto dichas plantas dejaron de operar ese mismo año [10].

Un antecedente que refleja la preocupación por el manejo de RSU en los mercados públicos es el estudio realizado en 1972 sobre la operación de 25 mercados con venta de alimentos en la Delegación Cuauhtémoc a fin de conocer los giros de mayor generación de RSU [11]. Así, dos años más tarde se estableció la Planta Industrializadora de Desechos Sólidos de San Juan de Aragón para obtener composta, la cual operó por tres años a partir de 1974 y en 1979 se instaló en ese mismo sitio un incinerador alemán, el cual nunca operó. Ante la imposibilidad de implementar tecnología para el manejo de residuos entre 1961 y 1984 la disposición final de residuos se hizo en el tiradero de Santa Cruz Meyehualco, y una vez cerrado se utilizó el de Santa Catarina. La operación de estos tiraderos dio como resultado la creación en 1961 del sindicato de pepenadores por Rafael Gutiérrez Moreno, quien logró gran poder político y económico [12].

Para 1984 la problemática se había agudizado por la existencia de nueve tiraderos a cielo abierto para la disposición final de residuos de la Zona metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM); el parque vehicular obsoleto; sólo cuatro estaciones de transferencia (ET) para servicio de las Delegaciones en donde se ubicaban; diez tiraderos clandestinos con la presencia de pepenadores, y el personal del servicio de limpia pagado por el gobierno del DF cobraba propinas a la ciudadanía por la recolección de residuos. Para solucionar dicha problemática y realizar estudios de caracterización de residuos, ese mismo año el gobierno del DF instrumentó el primer Plan Maestro de Residuos Sólidos [9].

En el contexto nacional, en 1988 se publicó la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente la cual incluyó un capítulo específico sobre suelos y ligado a este tema, los residuos a la vez que establecía la concurrencia de los tres niveles de gobierno en el tema ambiental [13]. Sin embargo, en 1990 la ZMCM se convirtió en la de más alta concentración poblacional en el país con 17 millones de habitantes [9]. Derivado de lo anterior en 1991, la Ciudad de México generaba 14 mil toneladas de basura al día (incluyendo la zona metropolitana). En este contexto, la solución conjunta a la problemática de los residuos inició en 1992 con la creación de la Comisión para la

Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en la Zona Metropolitana del Valle de México [14]. Pero dadas las condiciones desiguales en cuanto a generación y manejo de residuos en la región la Comisión dejó de funcionar en 1996.

A partir de 1994 se incorporó un sistema mecanizado de selección de subproductos en tres plantas de separación (PS) para recuperar subproductos reciclables: Bordo Poniente, San Juan de Aragón y Santa Catarina. Lo anterior tuvo como finalidad beneficiar a los pepenadores y así evitar que recolectaran residuos en los tiraderos a cielo abierto y disminuir la carga a los rellenos sanitarios [15]. En el mes de mayo de 1994 se cerró el relleno sanitario de Prados de la Montaña y en el segundo semestre del siguiente año, el de Santa Catarina [16]. En 1996 se creó la Comisión Ambiental Metropolitana (aún vigente) con el objetivo de conjuntar esfuerzos, promover y coordinar acciones, dar seguimiento y evaluar los acuerdos de coordinación entre los diferentes niveles de Gobierno en el DF y su zona conurbana e incluyó un subgrupo de trabajo de residuos sólidos [17].

El tema de los residuos en los mercados públicos aparece en la agenda ambiental como resultado del estudio sobre el manejo de RSU en el DF realizado en 1998 con el apoyo del Banco Mundial. Para la primera fase entre 1999 y 2001 se propusieron actividades, entre otras, de educación ambiental en mercados públicos para la separación de residuos en el marco de la recolección separada por sectores [18]. El tema de RSU en los mercados públicos se retomará más tarde en los Programas de Gestión Integral del DF.

La Ley Ambiental del Distrito Federal se publicó en el año 2000 y su aplicación quedó a cargo de la Secretaría del Medio Ambiente (SMA) para formular, conducir y evaluar la política ambiental de desarrollo sustentable y definir los instrumentos y procedimientos para su aplicación. Esto conforme al Plan Nacional de Desarrollo. El carácter de dicha Ley fue eminentemente preventivo y correctivo de la contaminación del aire, agua y suelo; de conservar y restaurar el equilibrio ecológico, y preventivo al evitar daños al ambiente [19].

Sin embargo, no fue hasta el año 2003 que se emitió la Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos [20] y la LRSDF así como sus respectivos Reglamentos. Esta última tiene por objetivo primordial regular la gestión integral de los residuos sólidos no peligrosos y la prestación del servicio público de limpia. Asimismo, entre los instrumentos considerados para lograr los objetivos planteados, destacan los planes de manejo y establece la creación de la infraestructura la valorización de los residuos y su reintegración a los sistemas productivos. Define a los GAV en su artículo 3º, fracción XVII como las personas físicas o morales que generen un promedio igual o superior a 50 kg/día de residuos sólidos y la obligación de formular PM de residuos [3].

Específicamente en el rubro de mercados, en 2006 se publicó el Procedimiento para la separación de residuos en mercados públicos por el cual las Delegaciones debían formular PM de residuos para esos espacios públicos en su demarcación [21]. No obstante, hasta 2008 se publicó el Reglamento de la LRSDF el cual incluye un apartado sobre las categorías de PM de residuos [22].

Los 318 mercados públicos ubicados en las 16 Delegaciones en el DF cuentan con 69 mil 154 locatarios [4] y de acuerdo al padrón de la Secretaría de Desarrollo Económico (SEDECO) al mes de noviembre de 2012 están clasificados en: i) especializados (ropa, herramientas, artesanías, cárnicos, comida y abarrotes), ii) tradicionales (ropa, comida y artículos religiosos), y iii) regionales. La mayor concentración de mercados se ubica en: Gustavo A. Madero (50), Cuauhtémoc (38) y Venustiano Carranza (42) con un 40% del total e incluye el 55% del total de locatarios. El menor número de mercados se ubican en Cuajimalpa (5) y Magdalena Contreras (5) con el 1% del total de locatarios. En el 2012, los mercados públicos generaron en promedio 362.3 toneladas diarias de RSU: 85% de residuos orgánicos y 15% de inorgánicos; en tanto la generación

promedio diaria por mercado varía entre 1.9 y 90 toneladas [5]. Sin embargo, en el Inventario de Residuos Sólidos del Distrito Federal 2011 no hay registro de PM para mercados públicos [2]. Lo anterior concuerda con un diagnóstico preliminar en las áreas de recolección de residuos en siete de las 16 Delegaciones, ya que carecen de los PM respectivos.

Cabe señalar que durante 2007 y 2008 la SMA diseñó diversos documentos rectores para el cumplimiento de las políticas de protección ambiental y desarrollo sustentable del DF (Programa Sectorial de la SMA 2007-2012). Todos ellos establecen: i) consolidar un sistema de gestión integral, y ii) desarrollar un Centro Integral de Reciclaje y Energía (también llamado Sistema Integral de Reciclado y Energía) para RSU y de manejo especial. En particular, pasar de la recolección a la gestión integral de residuos.

En este contexto, el Programa de Gestión Integral de los Residuos Sólidos para el DF 2009-2014 (PGIRS) fijó, entre otras metas para los mercados públicos: i) al 2010 separar sus residuos en orgánicos e inorgánicos, formular sus PM en caso de ser GAV, y realizar adecuaciones para colocar contenedores para residuos separados, y ii) al 2011 dar seguimiento a los PM respectivos. En general, el Programa pretende robustecer el marco jurídico para el cumplimiento de las obligaciones de todos los actores del manejo de residuos sólidos y desarrollar normas ambientales [23].

La Comisión para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos de la Ciudad de México (CGIRSCM) se creó en 2008 como un órgano coordinador, de operación, monitoreo, seguimiento y evaluación de las políticas, acciones y programas instrumentados por la Administración Pública en el DF en materia de generación, minimización, manejo, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de residuos [24]. No obstante el artículo 11 de la LRSDF establece que la SMA en coordinación con la Secretaría de Obras y Servicios, y las Delegaciones formularán y evaluarán el PGIRS. A la fecha se desconoce el resultado de la actuación de dicha Comisión.

Finalmente, al 2013 el DF carece de instalaciones integrales y las Delegaciones tienen a su cargo la recolección de RSU con un parque de más de 2 mil 200 camiones (la mitad de ellos con una antigüedad de entre 10 y 20 años) para el transporte de residuos a 13 ET y tres PS o enviados a las 12 plantas de composta o a rellenos sanitarios [25].

3. Resultados y discusión

En el marco de las políticas públicas, a nivel nacional se incluyó por primera vez a la ecología y el medio ambiente como estrategia nacional en la agenda política en el primer Plan Nacional de Desarrollo en 1983 [26] pero no fue hasta el 2003 que se emitió la legislación ambiental específica a nivel nacional y local en el DF sobre residuos. Así se observa un desfase en relación a otros rubros ambientales. No obstante, aún sin que existiera una política ambiental nacional definida en materia de residuos con la cual se alineara la política local las autoridades del DF entre 1941 y finales de los años 1970's trataron de solucionar la problemática de los residuos generada por el incremento de la población y demanda de servicio de limpia. Se intentó implementar la tecnología de incineración y compostaje sin éxito ya que no se consideraron los aspectos social y económico en el manejo de los residuos representado por el sector informal de los pepenadores y sus líderes.

Por lo que se refiere a la legislación ambiental como otra componente de la gestión ambiental, hasta hace una década se contó con la LRSDF y al 2013 se carece de normatividad para el manejo de RSU y para la formulación de PM de residuos de GAV. No obstante, en el caso de los mercados públicos la SMA ha realizado esfuerzos para un manejo integral de RSU sin éxito. Las

Delegaciones como administradores de esos espacios públicos no han dado prioridad a la formulación de los PM de residuos.

Por otra parte, en la Administración Pública se ha recurrido a la creación de Comisiones, las cuales no han sido una respuesta a la necesidad de colaboración y coordinación entre las autoridades de los tres niveles de gobierno ni entre las autoridades en el DF. Los programas ambientales en el DF en su mayoría han concluido su vigencia y tampoco han logrado sus metas. Tales sucesos reflejan que las autoridades del gobierno del DF han establecido políticas públicas ambientales de sustentabilidad y protección al ambiente pero en la práctica no han logrado conciliar los intereses de diversos actores presentes en el manejo de los RSU como son las propias autoridades, el sector informal, entre otros desde hace ya varias décadas.

4. Conclusiones

Para lograr una gestión ambiental en materia de RSU en el caso de los mercados públicos se requiere de una articulación y congruencia entre las componentes de la misma. Contar con una política ambiental nacional y local que de prioridad al rubro de residuos con metas viables de lograr; un marco legal factible de aplicar y una normatividad que facilite el cumplimiento de las obligaciones de los GAV. También con una Administración Pública eficaz y eficiente que pueda lograr la colaboración y la coordinación entre los actores involucrados. En el caso de los mercados públicos, uno de los actores principales en la formulación de los PM de residuos son las Delegaciones. De esta manera podrá lograrse el objetivo de transitar de las etapas de recolección y disposición de los RSU a la gestión integral.

Referencias Bibliográficas

- [1] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2011. *México en Cifras*. (18/11/12). <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=9>
- [2] Secretaría del Medio Ambiente. 2011. *Inventario de residuos sólidos del Distrito Federal 2011*. (02/03/13). http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/biblioteca/IRSDF2011_FINAL.pdf
- [3] Asamblea Legislativa del Distrito Federal. 2012. *Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal*. Gaceta Oficial del Distrito Federal, 24 de julio.
- [4] Secretaría de Desarrollo Económico. 2009. *Comparecencia de la C. Secretaria de Desarrollo Económico, Laura Velázquez Alzúa ante la Asamblea Legislativa del Distrito Federal*. 14 de octubre. (20/03/12). <http://www.sedecodf.gob.mx/sedeco/images/stories/informes/1.pdf>
- [5] Secretaría de Obras y Servicios. 2012. *Generación de residuos en mercados públicos*. Jefatura de Reciclaje de la Dirección Técnica
- [6] Brañes, R. *Manual de derecho ambiental mexicano*. Primera edición. 1994. Siglo XXI. México. 792 páginas
- [7] Aboites Aguilar, L. El Último Tramo 1929-2000. En *Nueva Historia Mínima de México*. 2010. pp.262-302. México: El Colegio de México.
- [8] Gobierno Federal. 1951. *Reglamento de Mercados para el Distrito Federal*. Diario Oficial de la Federación del 1º. de junio.
- [9] Castillo Berthier, H. Basura: un problema metropolitano. *Revista Veredas*, UAM-Xochimilco, Año 6, Número 10, Primer semestre. 2005. pp. 155-171. México
- [10] Castillo Berthier, H. Camarena, M. y Ziccardi, A. Procesos de trabajo e impactos en el medio ambiente urbano. En L. D'Andrea y M. Schteingart (Ed.), *Servicios Urbanos, gestión local y medio ambiente*. 1991. pp. 513-543. México: El Colegio de México. CERFE: Centro de Estudios Demográficos y de Desarrollo Urbano.

- [11] Delegación Cuauhtémoc del DF. 1972. *Programa de Abasto Popular: Delegación Cuauhtémoc*. Anexo Estadístico. Tomo II.
- [12] Castillo, H. “La Basura: Pепенadores y Tiraderos”. En J. Legorreta (Coordinador), *La ciudad de México a debate. Problemas y propuestas*. 2008. pp. 247- 271. México: UAM Azcapotzalco.
- [13] Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2012b). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. Diario Oficial de la Federación, 4 de junio.
- [14] Diario Oficial de la Federación. 1992. *Acuerdo por el que se creó a la Comisión para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en la Zona Metropolitana del Valle de México*. 8 de enero.
- [15] Castillo, H. “Garbage, work and society”. *Resources, Conservation and Recycling*. 39. 2003. pp.193-210
- [16] Cortinas de Nava, C. *Hacia un México sin Basura. Bases e Implicaciones de las legislaciones sobre Residuos*. Grupo Parlamentario del PVEM. Cámara de Diputados, LVIII Legislatura. 2001. 435pp.
- [17] Diario Oficial de la Federación. 1996. *Acuerdo por el que se crea la Comisión Ambiental Metropolitana*. 17 de septiembre.
- [18] Agencia de Cooperación Internacional del Japón. *El Estudio sobre el Manejo de Residuos Sólidos para la Ciudad de México de los Estados Unidos Mexicanos*. Resumen Ejecutivo. 1999. México. 131pp.
- [19] Asamblea Legislativa del Distrito Federal. 2012. *Ley Ambiental del Distrito Federal*. Gaceta Oficial del Distrito Federal, 25 de julio.
- [20] Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 2012. *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. Diario Oficial de la Federación, 30 de mayo.
- [21] Gobierno el Distrito Federal. 2006. *Procedimiento para la Separación y Recolección Selectiva de Residuos Sólidos en Mercados Públicos y Concentraciones del Distrito Federal*. (26/05/13). http://www.residuossolidos.df.gob.mx/work/sites/tdf_rs/resources/LocalContent/54/2/procedimiento_mercados.pdf
- [22] Gobierno del Distrito Federal. 2008. *Reglamento de la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal*. Gaceta Oficial del Distrito Federal, 23 de diciembre.
- [23] Gobierno del Distrito Federal. 2010. *Programa de Gestión Integral de los Residuos Sólidos 2009-2014*. Gaceta Oficial del Distrito Federal No. 925 del 13 de septiembre.
- [24] Gobierno del Distrito Federal. 2008. *Acuerdo por el que se crea la Comisión para la Gestión Integral de Residuos Sólidos de la Ciudad de México*. Gaceta Oficial del Distrito Federal, 16 de mayo.
- [25] Secretaría del Medio Ambiente. 2007. *Agenda Ambiental de la Ciudad de México. Programa de Medio Ambiente 2007-2012*.
- [26] Secretaría de Programación y Presupuesto. Plan Nacional de Desarrollo 1983-1988. En *Revista de Administración Pública. El Sistema Nacional de Planeación Democrática*. 55/56 julio-diciembre. 1983. pp.123-133. México: Instituto Nacional de Administración Pública.

Minimización de residuos sólidos urbanos en el municipio de Toluca

Erika Rodríguez De Gress.

Universidad Autónoma del Estado de México. Maestría en Estudios Sustentables, Regionales y Metropolitanos. Facultad de Arquitectura y Diseño. Cerro de Coatepec, Ciudad Universitaria, C. P. 50110. Toluca, México.
eridegress2907@hotmail.com

Resumen

Uno de los problemas ambientales más serios que existen en México es el referente al aumento excesivo de residuos sólidos. El incremento poblacional y la urbanización acelerada del país han ocasionado un flujo de basura incontrolado en los municipios, por lo tanto, los sitios de disposición final y rellenos sanitarios son insuficientes. En el Estado de México, la totalidad de la disposición final de los RSU sigue depositándose en el suelo, en diferentes modalidades: en tiraderos a cielo abierto, en rellenos de tierra no controlados y en rellenos sanitarios. El municipio de Toluca no cuenta con un sitio de disposición final propio, por lo que el Ayuntamiento tiene que depositar sus Residuos en los rellenos sanitarios de otros municipios lo cual representa altos costos económicos. Aunado a esto, el crecimiento constante de estos residuos han disminuido la vida útil de los sitios de disposición, razón por la que el Municipio de Toluca presenta serios problemas en esta materia, lo que parece tornarse cada vez más complejo al no encontrarse sitios adecuados de disposición final. El objetivo de este artículo es describir la problemática de los Residuos Sólidos Urbanos en el municipio de Toluca, así como describir las acciones que se están llevando a cabo en esta materia.

Palabras Clave: *Disposición final, Reutilización, Reciclaje, Residuos Sólidos, Sustentabilidad, Valorización.*

1. Introducción

Cada año en México aumenta la producción de residuos sólidos por varias razones, entre las que se encuentran el crecimiento poblacional e industrial, y los hábitos de consumo que privilegia la comodidad inmediata antes que el cuidado del ambiente, por lo tanto, es cada vez más frecuente observar la acumulación de basura alrededor de ciudades, carreteras, caminos rurales, debajo de puentes, lotes baldíos, entre otros[1]. El aumento de la generación de residuos sólidos urbanos (RSU) tiene costos sociales y económicos crecientes asociados a su recolección, manejo y disposición final. En el Estado de México, la mayoría de la disposición final de los RSU se deposita en tiraderos a cielo abierto, en rellenos de tierra no controlados y en rellenos sanitarios. El municipio de Toluca con alrededor de 819,561 habitantes ha enfrentado graves problemas en materia de residuos sólidos debido a que no cuenta con infraestructura suficiente y necesaria para el tratamiento y confinamiento final adecuado de los residuos sólidos generados [2]. Esta situación se torna más compleja si consideramos que a medida que la población crece, la generación de desechos sigue la misma tendencia aunque no en la misma proporción, no así en la disponibilidad de recursos financieros, técnicos y humanos para prestar este servicio.

Por otra parte, la demanda también creciente de los recursos naturales renovables está obligando a que estos sean utilizados de manera racional y sostenida para evitar su agotamiento. En los RSU existen numerosos subproductos que pueden ser nuevamente utilizados como materia prima. Por lo tanto los programas de reúso y reducción pueden ofrecer nuevas e importantes opciones para minimizar la cantidad de RSU, reducción de costos económicos y sociales y la conservación de recursos naturales y del ambiente.

2. Desarrollo

2.1. La problemática de los Residuos Sólidos Urbanos

Los residuos sólidos urbanos son causa de problemas ambientales importantes, especialmente en las áreas urbanas y en las zonas industrializadas. El consumo y la contaminación fueron símbolos de la industrialización y, a partir de la década de 1970, los cambios en el ambiente comenzaron a adquirir visibilidad y preocupación por la preservación del futuro. Aunado a lo anterior, en la actualidad los residuos sólidos urbanos (RSU) cuentan con características físico-químicas más complejas lo que dificulta su degradación natural, lo cual para el medio ambiente significa un costoso deterioro, el cual repercute en la salud como por ejemplo: el líquido lixiviado responsable de la contaminación de los suelos y de aguas subterráneas o superficiales es cancerígeno y altamente tóxico[3], (Ver tabla 1).

Tabla. 1. Sustancias químicas contaminantes derivadas de los RSU[4].

Sustancia	Fuentes de exposición	Daños a la salud	Fuente generadora
Mercurio (Hg)	Agua, suelo (alimentos contaminados)	Es cancerígeno, daños al cerebro, riñones.	Basureros o sitios no controlados a través de la filtración en suelo y mantos acuíferos.
Cadmio (Cd)	Aire, suelo y agua	Lesión en pulmones, riñones y estómago. Cancerígeno	Incineración de residuos sólidos urbanos y peligrosos.
Níquel (Ni)	Aire, suelo y agua	Lesiones en piel y enfermedades bronco-respiratorias. Cancerígeno	Incineración de Basureros
Plomo (Pb)	Aire, suelo y agua	Daño en riñones, sistema nervioso y reproductivo	Basureros o sitios no controlados a través de la filtración en suelo y mantos acuíferos.
Dioxinas (TCDD)	Aire, suelo y agua	Las dioxinas tienen elevada toxicidad. Problemas de reproducción y desarrollo, afecta el sistema inmunitario, cancerígeno.	Incineración de residuos sólidos urbanos y peligrosos.
Lixiviado (Nitrógeno, sales, metales, materia orgánica)	Suelo y agua	Cancerígeno y altamente tóxico.	Basureros o sitios no controlados a través de la filtración en suelo y mantos acuíferos.

Por otra parte, los costos de extracción y producción de la materia prima también se han elevado. Evidentemente el flujo de los residuos sólidos rebasa la capacidad de absorción del medio ambiente. Todo esto conlleva al surgimiento de una necesaria demanda por materiales reciclados a partir de los residuos sólidos. Es por eso que la idea de reducir el consumo de potencial termodinámico en la extracción y fabricación de “nuevas” materias primas se puede llevar a cabo a través de procesos más eficaces, como la minimización de residuos sólidos a través del reciclaje[5].

2.4. Situación de los Residuos Sólidos Urbanos en Toluca

El crecimiento económico y poblacional experimentado por Toluca en los últimos años ha traído como consecuencia un proceso de urbanización creciente, que ha incidido en la modificación de los patrones de consumo, lo cual se refleja en un aumento en la cantidad y heterogeneidad de los residuos sólidos que se producen.

La zona conurbada de Toluca genera en promedio 1.115 kg/día per cápita, siendo el municipio de Toluca el generador más alto con 349,694 ton/año de residuos (1.169 kg/per cápita), seguido del municipio de Metepec con una generación de 107,091 ton/año (1.37 kg/per cápita), (Ver figura 1).

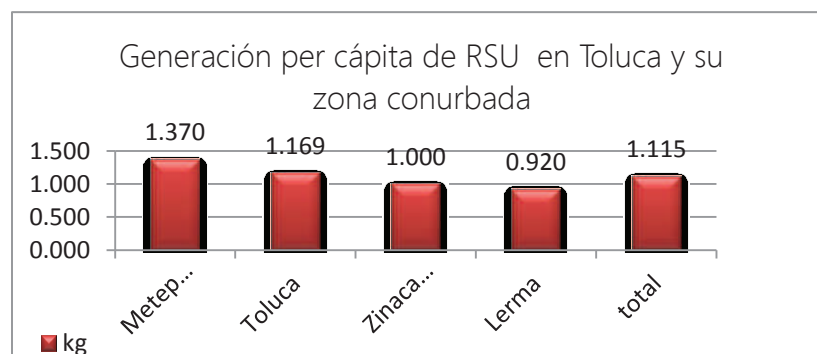


Figura. 1. Generación de residuos sólidos urbanos kg/per cápita diaria [6]

Estas cifras resultan preocupantes, pues mientras la población y actividad económica crezca, la generación residual observará esta misma tendencia. El Estado de México cuenta con 13 rellenos sanitarios y 28 sitios de disposición controlados. Estos no son suficientes para subsanar tal situación, al contrario parece tornarse cada vez más complejo al no encontrar sitios adecuados de disposición final, y cuando se encuentran (el predio) tiene un alto precio o se suscitan conflictos sociales que impiden el establecimiento de este tipo de infraestructura[7], (Ver tabla 2).

De acuerdo con la Dirección de Protección Civil del Estado de México, operan 38 sitios no controlados que reciben alrededor de 1000 toneladas diarias de residuos sólidos. Estos permanecen expuestos a cielo abierto durante algún tiempo, carecen de infraestructura básica, generándose problemas de contaminación. Con lo anterior, se detecta que tan solo operan 2 plantas de tratamiento: una en Nicolás Romero, que recibe 592 ton/día de Huixquilucan y Nicolás Romero, y la otra en Chalco, que recibe 353 ton/día de Tenango del Aire y Valle de Chalco y es operada por el Gobierno del Distrito Federal.

Tabla. 2. Cantidad de sitios de disposición final[8].

	Ton/día	%	Número de sitios	Total
Disposición en rellenos sanitarios	9,822	67.81	13	
Disposición en sitios controlados	2,388	16.49	28	
Disposición en sitios no controlados (basureros al cielo abierto)	1,029	7.10	38	
Disposición en plantas de tratamiento	1,245	8.60	2	
Municipios sin sitio propio				46
Total	14,484	100	81	

Si bien es cierto que en el Estado de México existen diferentes sitios destinados al depósito de residuos generados, la mayor parte de estas instalaciones presentan serios problemas de salubridad y deficiencia operativa, representando riesgos tanto para la salud pública como para el medio ambiente, aunado a la consideración de que parte importante de estos residuos no se están tratando adecuadamente[9].

Debido a que el sitio de disposición final de Toluca, ubicado en la Delegación de San Juan Tilapa, está sin servicio desde hace varios años, el Ayuntamiento ha tenido que enviar sus residuos sólidos a distintos sitios de disposición final en Tlalnepantla, Metepec y actualmente San Antonio La Isla y Zinacantepec. El traslado de los residuos sólidos a sitios de disposición final fuera del municipio genera excesivos gastos, lo cual representa un problema económico serio para el propio municipio[10]. Por otro lado, la vida útil de estos sitios de disposición final se ha visto disminuida debido a la gran cantidad de RSU provenientes de Toluca y otros municipios aledaños.

En este sentido, es necesario buscar una alternativa para resolver el problema de los sitios insuficientes de disposición final de RSU, dando un mejor cause en materia ambiental y económica de tal forma que los residuos sólidos desechados en el municipio se aprovechen como subproductos generando esta manera recursos de financiamiento, y al mismo tiempo disminuyendo la explotación de los recursos naturales.

2.4. Acciones

En el 2009, el gobierno del Estado de México emprendió un sistema para la gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos para el Valle de Toluca, entregando contenedores, barredoras hidrostáticas, camionetas de 3.5 toneladas, vehículo para transportación de contenedores, camiones compactadores de RSU, camiones recolectores de basura de doble cámara para orgánicos e inorgánicos[11]., sin embargo, el problema de la creciente generación de RSU persiste, por lo que en marzo de 2013, el Gobierno del Estado, entregó una guía para la implementación de proyectos de separación de residuos sólidos urbanos a los 125 municipios[12] que tiene como objetivo establecer elementos conceptuales y aplicables para la realización de un Programa de Separación de Residuos Sólidos (PSR).

El ayuntamiento de Toluca es uno de los municipios que está implementando el plan piloto de separación de residuos sólidos urbanos y consta de cinco etapas[13]:

- Determinar el nivel de separación, considerando que es obligatorio al menos el nivel primario.
- Clasificar con base en los resultados del diagnóstico, las fuentes y fracciones por separar en el municipio.
- Determinar la población objetivo del PSR y un proyecto piloto de separación considerando rutas completas de recolección.
- Especificar lineamientos y características de separación de residuos que debe cumplir la población para almacenar y entregar los residuos separados al sistema de recolección.
- Identificar adecuaciones en los subsecuentes procesos a la separación en la fuente del sistema de manejo de RSU y el respectivo marco normativo del municipio, para orientar todos los procesos hacia un manejo separado, valoración, aprovechamiento y reducción de la disposición final.

La principal clave del éxito del PSR en la etapa de implementación y operación es trabajar de forma eficiente y conocer las acciones del programa tomando en cuenta que algunas acciones operativas como la eficiencia de la recolección, cobertura de las rutas, personal comprometido y motivado y la toma de decisiones analíticas de operación son indispensables para comenzar de manera efectiva con este programa.

2.5. Conclusiones

Las acciones para el aprovechamiento de residuos sólidos pueden ofrecer nuevas e importantes opciones para la conservación de recursos naturales y del ambiente y reducir de costos económicos y sociales.

Trabajar eficientemente en la implementación de un programa de separación de residuos es una actividad que el municipio debe garantizar; la ciudadanía se motiva al ver que su esfuerzo por separar tiene un resultado benéfico en la operación del sistema de manejo de residuos. Por otro lado, es de vital importancia construir y fortalecer instituciones multisectoriales con participación gubernamental, social y empresarial para dar continuidad a los programas de separación de residuos a través del tiempo.

Creer como un municipio fuerte integrado al concepto de progreso y competencia, requiere aplicar el nuevo tipo de orientación: la sustentabilidad, como estrategia para programar el uso del territorio, las actividades productivas, el ordenamiento de los asentamientos humanos y el desarrollo de la sociedad, en congruencia con el potencial natural de la tierra, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la protección y calidad del medio ambiente. Así, el municipio de Toluca será vanguardista al responder a las exigencias de fondo que demandan las necesidades del urbanismo moderno por un lado y por otro las de su comunidad comprometida con el entorno.

La sostenibilidad sólo será factible si, entre otras cosas, se consigue crear una mayor conciencia entre la gente sobre las implicaciones negativas de ciertos malos hábitos. Para que surja tal conciencia, los seres humanos debemos empezar por creer realmente que la salud de la tierra es una tarea común y compartida, que nuestro planeta es nuestro hogar y si queremos detener su deterioro, hay que cambiar nuestros modos de vida urbana.

Referencias Bibliográfica

- [1] Buenrostro, O. (2006). La producción de Residuos Sólidos Municipales y sus implicaciones ambientales. *Revista Ciencia y Desarrollo en Internet*. pp.2-6
- [2] Iglesias Piña, David. 2007. Costos económicos por la generación y manejo de residuos sólidos en el Municipio de Toluca, Estado de México. *Equilibrio Económico*, Año VIII, Vol. 3. No. 2, pp. 131-148.
- [3] Montellanos P./Velasco H/M de los A./ Ticante R., J. A/Saldaña M. 2010. Estudio preliminar del secado de lixiviados mediante el diseño, elaboración y prueba de un colector solar parabólico. *Ponencia presentada en el congreso internacional de la asociación nacional de ciencias ambientales*.
- [4] Elaboración propia con base en datos de la OMS .www.who.int.es. Agency for Toxic Substance and Disease Registry *Lenntech
- [5] Krishnan, Harris y Goodwin 1995. Un Estudio de la Economía Ecológica (A Survey Of Ecological Economics).; *Island Press*, Washington. D.C.
- [6] Elaboración propia con base en datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2010). «México en cifras». Información Nacional, por entidad federativa y municipios. www.inegi.org.mx.
- [7] Iglesias Piña, David. 2007. pp 137
- [8] Programa de Protección civil para basureros 2012. Gobierno del Estado de México 2011-2017.www.edomex.gob.mx
- [9] Iglesias Piña, David. 2007. pp 138
- [10] Plan de Desarrollo Urbano del Ayuntamiento de Toluca 2009-2012 pp. 39-42
- [11] Dirección general de prevención y control de la contaminación del agua, suelos y residuos. Gobierno del Estado de México. junio de 2009.
- [12] El Universal.mx Estado de México. Notimex.25 de marzo 2013. www.eluniversal.com.mx
- [13] Guía para la implementación de Proyectos de Separación de Residuos sólidos urbanos Dirigida a los municipios de Guerrero, México y Quintana Roo. ©Cooperación Alemana al Desarrollo GIZ, 2012.

Plan de Manejo Integral de Residuos de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Dr. José Apolinar Cortés, Dra. Perla A. Barbosa Muñoz, M.C. Arcaeli Gabriela Andrade Servín,
Biol. Federico Hernández Valencia,
Lic. Alejandra Reyes Ortiz

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Av. Francisco J. Mújica s/n, Colonia Felicitas del Rio, C.P. 58030, Morelia, Michoacán., apodito@gmail.com

Resumen

En el sector educativo, los procesos de enseñanza-aprendizaje, investigación, difusión de la cultura y extensión, han incentivado el desarrollo de nuevas habilidades y técnicas vinculadas a la generación y aplicación del conocimiento, mismas que no se encuentran exentas de la producción de residuos con diferentes características y propiedades, lo que convierte a las Universidades en generadoras de los mismos. Frente a esta situación, al interior de la Universidad Michoacana resulta urgente generar acciones pertinentes para la minimización, reciclaje, tratamiento y disposición final de los residuos, promoviendo de esta forma la construcción de sociedades sustentables a través de sus actividades sustantivas. Es así que se elaboró el Documento Rector del Plan de Manejo Integral de Residuos de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, que integra la gestión de los residuos a través de una serie de actividades que tienen como objetivo el correcto almacenamiento, manejo, transporte, tratamiento y disposición de los mismos.

Palabras Clave: *ambiental, universidades, gestión, residuo.*

1. Introducción

En el transcurso de las últimas décadas, se ha observado un crecimiento remarcado y sin precedentes en las áreas industrial, tecnológica y urbana [1], con una notada tendencia en la explotación y transformación de los recursos naturales en servicios y bienes para la humanidad. Como producto de estas actividades se obtienen diversos residuos, los cuales al ser vertidos al ambiente sin un tratamiento adecuado se transforman en contaminantes, provocando efectos adversos hacia la salud humana y los sistemas ecológicos.

Intentando atender esta problemática, se ha generado un interés global sobre los efectos de la contaminación. Resultado de ello, son los convenios, protocolos y tratados internacionales de los que es partícipe México, y en los que destacan principios fundamentales como la integridad ecológica y el respeto por la vida. Asimismo, la legislación mexicana [5] en materia ambiental es cada vez más rigurosa, y obliga a quien produce los residuos a implementar acciones específicas para su almacenamiento, manejo, transporte, tratamiento y disposición final.

En el sector educativo, los procesos de enseñanza- aprendizaje, investigación y gestión como parte de las actividades universitarias [7], han incentivado el desarrollo de nuevas habilidades y técnicas vinculadas a la generación y aplicación del conocimiento, mismas que no se encuentran exentas de la producción de residuos con diferentes características y propiedades, lo que convierte a las Universidades en generadoras de residuos.

Frente a esta situación, al interior de la Universidad Michoacana resulta urgente generar acciones pertinentes para el tratamiento de residuos y su disposición final. Promoviendo de esta forma la construcción de sociedades sustentables a través de las actividades de docencia, investigación, difusión de la cultura y extensión universitaria.

2. Desarrollo

Se elabora el Documento Rector del Plan de Manejo de Residuos de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, que integra la gestión de los residuos a través de una serie de actividades que tienen como objetivo el correcto almacenamiento, manejo, transporte, tratamiento y disposición final de los mismos. Promoviendo así la reducción, valorización y su minimización, a través del cumplimiento de la legislación vigente [6] e inculcando en la comunidad universitaria conciencia por el cuidado al ambiente.

Este documento, se basa en una serie de principios éticos que buscan la concientización de la comunidad universitaria en torno al cuidado ambiental, así como el impulso de acciones que permitan la correcta gestión de los residuos al interior y exterior de la Casa de Hidalgo. Constituyen los principios del Documento Rector: *perspectiva integradora; participación de la comunidad universitaria; responsabilidad socio ambiental; y, motor de progreso.*

Por su parte, las acciones encaminadas al cuidado ambiental y la gestión de los residuos requieren orientar esfuerzos para impulsar la implementación de un *Plan de Manejo Integral de Residuos*, que tenga la visión de establecer una política ambiental institucional al respecto, con acciones coordinadas entre generadores, recolectores, tratadores y recicladores de residuos. En este, se considera la interrelación que existe entre acciones normativas, de planeación, operativas, administrativas, financieras, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación.

La implementación del Plan se desarrollará bajo la siguiente metodología:

- I. *Demanda de una acción concreta:* establecer un sistema de gestión de residuos para la Universidad.
- II. *Diagnóstico de la situación:* realizar un estudio diagnóstico que permita establecer las condiciones en las que se encuentra la Universidad en cuanto a la generación de residuos.
- III. *Viabilidad de las soluciones:* implementar acciones que exige la normatividad en relación a la gestión de los residuos.
- IV. *Integración:* integrar a la comunidad universitaria a las actividades de gestión de residuos.
- V. *Calendario de rendición de cuentas:* se deben reportar los resultados de todas las actividades contempladas en el plan de trabajo anual.
- VI. *Ejecución:* aplicar las medidas pertinentes para cada acción del plan de trabajo.
- VII. *Difusión de resultados:* desarrollar actividades de información y retroalimentación de los resultados obtenidos entre la comunidad universitaria y la sociedad en general.
- VIII. *Transformación en demanda social:* incentivar la aplicación de las acciones a otros niveles sociales fuera del ambiente universitario.
- IX. *Medidas de seguimiento:* cada acción estará asociada a indicadores que señalarán su estado y grado de cumplimiento, los cuales pueden ser a través de recorridos de verificación, auditorías internas y auditorías externas.
- X. *Mejora continua:* derivado de los resultados de los indicadores se evaluarán nuevas directrices, acciones, objetivos y/o metas.

El Plan se integra de cuatro etapas, cada una de ellas con directrices y acciones específicas que deberán implementarse tomando en consideración las exigencias legislativas vigentes en el país y en el estado, y las capacidades de la propia Universidad:

❖ *Etapas 1. Residuos. Objeto y cantidad estimada*

Esta etapa de diagnóstico es sumamente importante, ya que sin su correcta implementación las siguientes etapas no tendrán fundamentos tangibles sobre cuales basar sus acciones. Es por ello, que la información obtenida tiene que ser real y proyectar las condiciones de trabajo con que se desempeña actualmente la Universidad en materia de residuos.

Objetivos:

- Identificar los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos generados en la Universidad.
- Detectar las áreas donde se generan los residuos.
- Implementar mecanismos de estimación de los volúmenes generados.
- Control y registro de residuos.

❖ *Etapas 2. Reducción o aprovechamiento de los residuos*

Se busca identificar el volumen y peligrosidad en la generación de residuos así como el consumo de recursos a través de dos directrices generales: la gestión de residuos y la gestión del consumo.

a) Gestión de residuos

Se basa en la reducción o el aprovechamiento del residuo, inculcando a la comunidad universitaria la importancia de la minimización de los residuos resultantes de las actividades diarias, proporcionándole al usuario las herramientas necesarias tanto para la prevención como para la separación adecuada, que permita la entrega de los residuos al gestor final.

Objetivos:

- Identificar y utilizar las opciones existentes para reducir los volúmenes detectados en las instalaciones de las dependencias universitarias.
- Disminuir la cantidad y peligrosidad de los residuos generados y así, minimizar los riesgos ambientales que conllevan.
- Optimizar los recursos económicos mediante una adecuada gestión de los materiales.
- Mejorar y revisar continuamente la gestión de residuos y su eficacia.
- Edición de manuales de prácticas en los laboratorios con metas a la minimización de residuos y la eliminación del uso de reactivos de alta peligrosidad.

b) Gestión del consumo

Realizar la *compra verde* que es una fase del consumo responsable, en la cual la Universidad se compromete a consumir equipos, materias primas, reactivos y/o sustancias químicas más amigables con el ambiente, por lo que debe elegir a sus proveedores, comprando de acuerdo a criterios y certificaciones ambientales.

Objetivos:

- Integración de sistemas de consumo responsables y erradicación de prácticas obsoletas.
 - Minimización del consumo de recursos en las actividades universitarias.
 - Introducir criterios ambientales en las compras y contratos.
- ❖ *Etapa 3. Mecanismos para otros sujetos objetivo*

En esta etapa se requiere de la definición de instrumentos para la divulgación y promoción de los avances que se tengan en materia de gestión de residuos. Para ello, se deben implementar dos directrices generales, una en función de la capacidad de formación de nuevos profesionistas que conozcan el Plan, que lo hayan trabajado y que lo repitan en sus áreas de desempeño laboral, es decir, implementar la educación e investigación ambiental. La otra directriz, es la de generar mecanismos para impulsar la participación de la comunidad universitaria, de tal manera que se genere un efecto multiplicador de las acciones de gestión.

a) Educación e investigación ambiental

La Universidad tiene varios potenciales en su proceso formativo, dentro de los que destacan la capacidad de formar profesionales e investigadores; y la actualización y generación del conocimiento, lo que representa un enorme compromiso que debe ser aprovechado desde una perspectiva ambiental.

Durante el proceso formativo de los nuevos profesionales e investigadores, la Universidad debe inculcar en ellos los conocimientos propios de su perfil, y al mismo tiempo aquellos que generen un compromiso ambiental.

Es importante que se apoye a la investigación sobre temas ambientales que pueda aportar conocimientos a la sociedad y a la propia Institución, que permitan avanzar hacia un modelo de desarrollo sustentable. Asimismo, la Universidad debe contribuir a su difusión y compartir con la sociedad los avances que permitan cambiar los actuales modelos de desarrollo.

Objetivos:

- Crear una conciencia global, integral y respetuosa con el ambiente en la comunidad universitaria, que actúe como ejemplo para el resto de la sociedad.
- Contribuir a la formación de generaciones con conciencia ambiental, suministrando herramientas adecuadas para formarse con visión integradora.
- Incentivar los grupos y proyectos que investiguen en materias relacionadas con el ambiente.
- Difundir entre la comunidad universitaria y la sociedad en general los logros de la Universidad en materia ambiental.

b) Participación Universitaria

La Universidad cuenta con una población estudiantil de más de 55 000 alumnos, 3000 académicos y 3000 administrativos y de intendencia, por lo que se cuenta con un valioso capital humano que se puede aprovechar, siendo importante el desarrollo de las medidas que estimulen a toda la comunidad universitaria a participar, a través de mecanismos integradores que permitan la correcta implementación del Plan, considerando que debe existir una estrecha vinculación entre la Universidad y la sociedad.

Objetivos:

- Generar sinergias que contribuyan a fomentar la sensibilidad ambiental y que coadyuven a la participación de la comunidad universitaria en las acciones del Plan.
- Impulsar a la Universidad como referente ambiental.
- Que la comunidad universitaria se apropie de los principios, objetivos y acciones del Plan.

❖ *Etapa 4. Evaluación y mejora del Plan*

Para satisfacer las necesidades de ésta última etapa se deben cumplir las siguientes directrices: rendición de cuentas y mejora continua. Mecanismos que contribuyen al reconocimiento de áreas de oportunidad, a la implementación de nuevas directrices, acciones, objetivos y/o metas con la finalidad de erradicar poco a poco las malas praxis, culminando en la implementación de nuevos adiestramientos, estrategias, metodologías y/o habilidades aplicadas a toda la comunidad universitaria.

Objetivos:

- Calendarización de rendición de cuentas, de capacitación y plan de trabajo.
- Generación de líneas de acción necesarias.
- Implementar sistemas de verificación cuya evaluación proyecte la situación real de la acción implementada.
- Integrar la mejora continua a cada acción implementada.
- Cumplir con las auditorías de verificación externas.

3. Conclusiones

El Plan de Manejo Integral de Residuos constituye un instrumento de gestión ambiental imprescindible para la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, ya que plantea acciones coordinadas para la correcta gestión de los residuos, y que abarcan desde su tratamiento hasta su disposición final. De acuerdo, a [4] la generación de residuos no peligrosos es de 371.94 kg/mes, y extrapolándolo para un año la generación de residuos es de 13,389.984 kg., en Ciudad Universitaria. En cuanto, a residuos de manejo especial se recopilaron 11,790 kg de residuos electrónicos acopiados en el primer reciclón de la Universidad Michoacana [10]. Cabe mencionar que se realizó una encuesta en la cual los resultados estadísticos son evidencia de que las dependencias correspondientes a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, se sitúan, tanto en el nivel I como en el en el nivel II, siendo el primer nivel las que generan menos de 25 kilogramos por mes, y nivel II las que producen más de 25 kilogramos por mes, de acuerdo a lo establecido en la NOM-087-ECOL-SSA1-2002. [10]. Promoviendo de esta forma la construcción de sociedades sustentables a través de las actividades de docencia, investigación, difusión de la cultura y extensión universitaria.

Referencias Bibliográficas

- [1] Masakazu, A. y Prashant, V. K. *Environmentally Benign Photocatalysts*. 2010. Springer. New York Dordrecht Heidesberg London. 757 páginas.
- [2] Buenrostro, D. O. *El Plan de Manejo de los Residuos Sólidos de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*. 2010. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 62 páginas.
- [3] Cabrera Navarro L. y Bribiesca Rodríguez L. 2012. DIAGNÓSTICO DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO INFECCIOSOS (RPBI), EN LA UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO y PROPUESTA DE UN PROCEDIMIENTO NORMALIZADO DE OPERACIÓN PARA MANEJO DE LOS RPBI. Plan Ambiental Institucional. UMSNH. 62 páginas.
- [4] Campero, O. Y. 2010. Generación de residuos sólidos no peligrosos en Ciudad Universitaria de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología. UMSNH. Morelia, Michoacán, México. 501 páginas.
- [5] Ley General de Prevención y Gestión Integral de los Residuos. 2007. (6 de febrero de 2012). <http://mexico.justia.com/federales/leyes/ley-general-para-la-prevencion-y-gestion-integral-de-los-residuos/gdoc/>
- [6] Ley para la Prevención y Gestión Integral de Residuos en el Estado de Michoacán de Ocampo. 2010. (2 de febrero de 2012). http://transparencia.congresomich.gob.mx/media/documentos/trabajo_legislativo/LEY_PARA_LA_PREVENCI%C3%93N_Y_GESTI%C3%93N_INTEGRAL_DE_RESIDUOS_EN_EL.pdf
- [7] Monrós Tomás, G. *Acciones ambientales en el entorno de las universidades españolas*. 2002. VI conferencias sobre el medio ambiente: Acciones para la preservación del medio ambiente. Comité Económico y Social de la Comunitat Valenciana. 11 páginas.
- [8] Reglamento de la Ley General de Prevención y Gestión Integral de los Residuos. 2006. (6 de febrero de 2012). http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1162/1/reglamento_de_la_ley_general_para_la_prevencion_y_gestion_in.pdf
- [9] Romero, D. S. *Manejo y disposición de residuos químicos peligrosos generados en los laboratorios de la facultad de ingeniería química de la UMSNH*. 2009. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 50 páginas.
- [10] Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Recicla Electrónicos México (REMSA), Fundación Punto Verde. 2012. RESULTADOS DEL PRIMER RECICLÓN 2012 DE RESIDUOS ELECTRÓNICOS Y ELECTRICOS, DE LA UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICÓLAS DE HIDALGO. Morelia, Michoacán, México.

Políticas y mecanismos disruptivos en la gestión de un sistema de residuos sólidos urbanos (RSU) con tendencia a la baja en instituciones educativas de nivel superior (IENS)

Sergio Alejandro Quiroz González

Consultor Senior para Greenmomentum Inc. Doctorante en Economía por la Facultad de Economía de la UNAM.

Galileo 320, Col. Polanco. CP 11550. Del. M. Hidalgo, México D.F. Tel. 26-24-13-88. E-mail:

sergio@greenmomentum.com

Resumen

La generación de residuos sólidos en el sector urbano está comandada por el modo de producción contemporáneo, el cual al enfocar sus esfuerzos en la obtención de una tasa de ganancia mayor, externaliza todo aquello que pueda mermar sus beneficios. Esto se traduce en residuos en distintas manifestaciones, principalmente los sólidos, que al circular en el sistema de comercialización tanto nacional como internacional, terminan por ser depositados en distintos lugares y causan contaminación en gran proporción, principalmente porque el estado actual de la tecnología, y la función de costos de los agentes económicos obligan directa e indirectamente a comportarse de esta forma.

Por su parte, las instituciones educativas de nivel superior, tanto públicas como privadas, se encuentran inmersas en esta dinámica de generación de residuos sólidos crecientes, tanto por las actividades mercantiles generadas por sus actividades propias, tanto por las actividades mercantiles de soporte que ofrecen alimentos y suministros para satisfacer este tipo de necesidades de su población académica, estudiantil, administrativa y flotante.

La implementación de políticas y mecanismos que cambien la dirección de la lógica convencional del sistema, permitirá llevar a la praxis un sistema que oriente su generación a la baja desde el momento mismo de la implementación de instrumentos que modifiquen la forma en la que las mercancías se introducen a sus actividades mercantiles, tanto principales como de soporte.

Palabras Clave: *Disruptivo, educación, residuos, sistema.*

1. Introducción

Las instituciones educativas de nivel superior juegan un papel fundamental en la transmisión de conocimientos y cultura. Parte de esta actividad se centra en aquellos conocimientos que no son formalmente transmitidos, pero que por la forma en la que la institución los maneja, logra impactar a su comunidad de forma trascendental. Uno de estos conocimientos informalmente transmitidos es el de la generación de residuos sólidos.

Al funcionar sin ninguna dirección ni objetivo específico para comportarse de forma disruptiva, la institución de forma inconsciente se ve orillada a actuar “at the end of the pipeline” sin lograr cambiar la lógica imperante, y la mayor parte de sus acciones, si no es que todas, se quedan atrapadas en mecanismos de reciclaje con separación de residuos sólidos polinaria.

La oportunidad con la que cuenta se centra en el control que pueden tener de todas y cada una de las actividades mercantiles que ahí se desarrollen, sean estas principales o de soporte. Estas van desde modificación en su reglamento interno para determinar la forma en la que se harán las adquisiciones, la forma en la que se reusarán los equipos que estén en condiciones de hacerlo, hasta la forma en la que se venderán los productos de las cafeterías, kioscos y barras de alimentos, evitando utensilios desechables y sustituyéndolos por sistemas de depósito-reembolso en algunos casos.

Todo este conjunto de acciones disruptivas se transforma en una lógica distinta de reproducción de las actividades cotidianas, llevando la generación de residuos a la baja e impactando directa e indirectamente en la forma en la que su población se involucra con el tema de los residuos tanto al interior de las instalaciones de la institución, tanto como afuera de ellas.

2. La generación de residuos en el modo de producción contemporáneo

2.1. La función de costos en la determinación del precio de la mercancía

La situación de la mayoría de los países y sus economías actualmente, en comparación con otras formas de organización económica a través de la historia, es característica por la cantidad y formas de residuos que se generan en todas las actividades y tipos de asentamientos humanos, los cuales sobrepasan sus capacidades político-administrativas, así como la capacidad de absorción del ambiente. Dado el estado actual de la tecnología, lo económicamente viable es depositar los residuos en rellenos sanitarios en el mejor de los casos.

Actualmente no hay actividad mercantil en la que se comercien bienes y servicios que no contengan en sí algún tipo de material que se convertirá en residuo en cualquiera de las manifestaciones de la materia (sólido, líquido o gaseoso), que irremediamente será depositado en el ambiente.

Así, los costos derivados de su generación y tratamiento no son internalizados por quien los produce, ya que de ser así, su rentabilidad disminuiría y no habría motivación para emprender actividad económica alguna; ya que todas, sin excepción alguna, generan residuos. La determinación de los precios en las actividades productivas y mercantiles está dada por la función 1:

$$P = CF + CV + CA + g' \quad (1)$$

En donde P son los precios totales de las mercancías producidas y/o comercializadas, CF son los costos fijos que corresponden a maquinaria e inmuebles, CV son los costos variables que corresponden a materias primas y fuerza de trabajo, CA son los costos ambientales y g' es la tasa de ganancia esperada sobre cada costo.

Dado que la tasa de ganancia tiene una tendencia a decrecer conforme el modo de producción se va desarrollando [1], las empresas tienen que recurrir a minimizar sus costos de la manera más efectiva posible, siempre y cuando las políticas, leyes y reglamentos lo permitan, de tal manera, en la determinación de los precios, los costos variables serán cero, como se muestra en la función 2.

$$CA = 0 \quad (2)$$

Así, mientras que no existan políticas y mecanismos que cambien $CA=0$ a $CA>0$, las empresas y las actividades mercantiles incurrirán en prácticas de externalización de costos que serán asumidos por otros agentes económicos o por la sociedad en general. El argumento económico que algunos agentes económicos esgrimen para justificar esta acción se enfoca a que asumir esos costos aumentarían los precios de las mercancías lo cual sería en detrimento de la sociedad en general y de la actividad económica en particular. Sin embargo, el problema subyace en la obtención de ganancias ante precios de competencia de mercado, los cuales no pueden aumentarse deliberadamente porque la competencia no lo permitiría.

2.2. La generación de residuos sólidos en el contexto urbano

Los asentamientos urbanos se enfrentan a una restricción espacial debido a sus altas concentraciones poblacionales en las que las viviendas, los comercios y las actividades mercantiles ocupan la totalidad de los espacios disponibles para cualquier tipo de actividad distinta.

Por su parte, el estado actual de la tecnología impide que puedan darse esquemas distintos de generación de residuos, principalmente por restricciones económicas debido a que cualquier configuración distinta del proceso mercantil o productivo ocasionaría una elevación de los costos que cancelarían sus ganancias.

A su vez, las actividades propias de una ciudad se dividen entre otras a las destinadas a la vivienda, a la distribución de mercancías, los servicios de seguridad social, las oficinas de gobierno, y las educativas en particular.

2.3. Las instituciones educativas de nivel superior (IENS) en la dinámica de generación de residuos sólidos

Dentro del sector educativo, las IENS cumplen un papel importante en la concentración de población altamente calificada y en la transmisión de conocimiento tanto formal como informal. Estas desarrollan sus actividades académicas de distintas formas, de acuerdo a si son públicas o privadas. Sin embargo, todas ellas venden sus servicios profesionales para los cuales adquieren distintos tipos de mercancías bajo configuraciones establecidas con la finalidad de poder realizarse en el consumo por medio de la internacionalización de los mercados. Así, insumos como equipos de cómputo, artículos de oficina y equipos especiales de investigación, entre otros, vienen acompañados de una enorme cantidad de materiales destinados a conservar la mercancía en su transcurso por los canales de distribución del comercio internacional, materiales que se convierten en residuos inmediatamente la mercancía es puesta a disposición del consumo.

De la misma forma las actividades mercantiles de soporte a las actividades principales está supeditada a la función de costos de la fórmula 1. Estos agentes económicos con la finalidad de asegurar su ganancia, y al no contar con reglamentos que se los prohíban, convierten los CA en

externalidades de manera tal que no merman su utilidad o no provocan incremento en los precios de las mercancías que ellos venden.

Por su parte el mercado ha logrado crear una estilización de la vida, la cual es promovida tanto desde las estructuras de mercado como desde los medios de comunicación [2] y con ello se reconoce el hecho de que:

- 1) La producción proporciona al consumo su material, la mercancía. Un consumo sin mercancía, material o desmaterializada no es un consumo; en consecuencia, en este aspecto la producción crea, produce el consumo
- 2) La mercancía [que comercia la actividad mercantil] no es un objeto cualquiera, sino un objeto determinado, que debe ser consumido de una manera determinada, que a su vez debe ser mediada por la producción misma. No es únicamente el objeto del consumo, sino también el modo de consumo, lo que la producción produce no sólo objetiva sino también subjetivamente. La producción crea, pues, al consumidor. De modo que la producción no solamente produce un objeto para el sujeto, sino también un sujeto para el objeto
- 3) La producción no solamente provee un material a la necesidad, sino también una necesidad al material, provoca en el consumidor la necesidad de productos que ella ha creado originariamente como objetos. [3]

De esta forma, la producción engendra el consumo, creando el modo determinado de consumo, creando luego el atractivo del consumo y a través de éste la capacidad misma de consumo convertida en necesidad [4]. Por tanto, la generación de residuos recae no en el consumo en sí mismo, sino que es consecuencia directa del modo de producción que lo promueve.

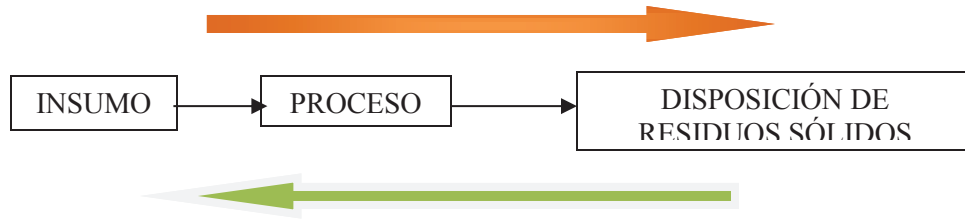
Por otro lado el modo de producción predominante se distingue por ser un sistema que produce para mercados locales y foráneos, promoviendo un intercambio de mercancías masivo. Su objetivo primordial es la acumulación mediada por el proceso de producción, tomando materias primas, ya sean provenientes de trabajo pretérito o de la fuente natural para su transformación como mercancías, para la consecución de dicho objetivo sin asumir los costos derivados de las repercusiones negativas que se efectúan en el ambiente, o en el bienestar de la sociedad originado por su actividad productiva.

Es por ello que el modo de producción contemporáneo en cuanto a los residuos sólidos urbanos se refiere, se comporta en la misma dirección: mayor actividad económica trae como consecuencia mayor generación de residuos.

2.4. Políticas y mecanismos disruptivos en la generación de residuos sólidos

Una vez analizados los pormenores de la generación de residuos en el contexto económico actual en las instituciones educativas de nivel superior, debe entenderse que la única forma de resolver el problema proviene de acciones que regulen la forma en la que las mercancías entran al sistema, así como la forma en la que se consumen.

Flujo normal creciente sin políticas de reducción de residuos sólidos.



Disminución del flujo de residuos con políticas y mecanismos disruptivos de reducción de residuos sólidos.

Figura. 1. Flujo de residuos en actividades mercantiles

Las políticas y mecanismos disruptivos presentados en la figura 1 son todos aquellos que modifican la forma en la que tradicionalmente se realizan las actividades mercantiles. Este tipo de acciones reconfiguran la lógica normal de reproducción del modo de producción contemporáneo y logran trascender en la disminución de los impactos ambientales negativos ocasionados por la generación creciente de residuos sólidos en el contexto urbano.

Siendo las IENS espacios en donde se concentra una población altamente calificada, y en donde las configuraciones que adquieren sus distintos espacios trascienden en la educación y culturización de la comunidad que la habita, es obligatorio que se implementen políticas que reduzcan la forma y cantidad de residuos generados en sus instalaciones. La figura 2 resume los mecanismos para conseguir este objetivo.

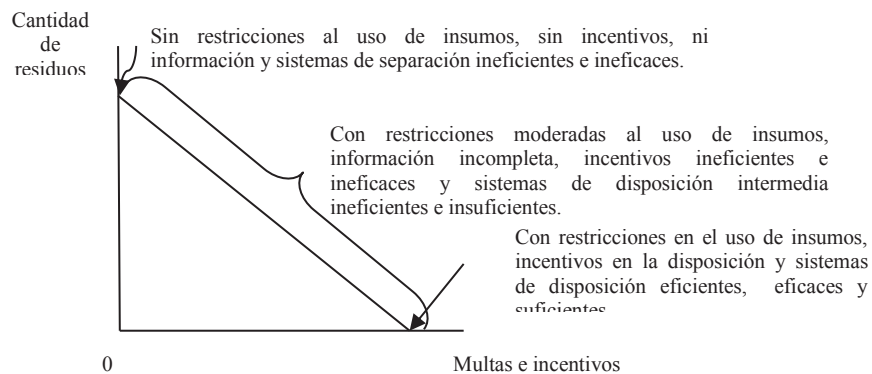


Figura. 2. Eficiencia de los incentivos e infraestructura orientados a disminuir la tendencia creciente de la generación de residuos sólidos.

Las multas e incentivos van acompañados de mecanismos disruptivos para la consecución de estos objetivos. Con ello, los agentes económicos generadores de residuos sólidos transforman su comportamiento y llevan a la baja la generación de residuos sólidos porque el sistema no les permite otra forma de consumo.

4. Conclusiones

La importancia de implementar este tipo de políticas y mecanismos disruptivos para disminuir la generación de residuos sólidos es fundamental para que las IENS transmitan educación ambiental de manera informal y con la intención de trascender hacia un futuro sustentable en cuanto a los impactos ambientales que los residuos del modo de producción provocan en los ecosistemas.

Estas propuestas solucionan el problema al principio del fenómeno y contribuyen considerablemente en la reducción de los impactos ambientales negativos que provocan los residuos, al controlar y prohibir el consumo de mercancías innecesarias en estricto sentido para la satisfacción de las necesidades de reproducción humana y a las actividades mercantiles que se desarrollan en las IENS.

Referencias Bibliográficas

[1]-[3]-[4]Marx, Karl. “Contribución a la crítica de la economía política: introducción a la crítica de la economía política”. Novena reimpresión. 1979, Ediciones de cultura popular. México. pp. 273.

[2] De pablos, J.C. (1999) “El dominio sobre lo cotidiano: la búsqueda de la calidad de vida” Investigaciones Sociológicas, n.86, 1999, pp.55-78.

Estimación de Metano generado en el relleno sanitario de Zinacantepec, Estado de México

¹Víctor Jessé Marín Calderón, ¹Laura Verónica Díaz Archundia, ^{1*}María del Consuelo Hernández Berriel, ²María del Consuelo Mañón Salas, ¹Julio César González Juárez, ³Evelia Santillán Ferreyra

¹Instituto Tecnológico de Toluca. Av. Instituto Tecnológico s/n. Fraccionamiento La Virgen 52149, Metepec, Edo. de México, México. email: *hberriel_1999@yahoo.com; mhernandezb@ittoluca.edu.mx

²Universidad Politécnica del Valle de Toluca, Carretera Almoloya de Juárez, Km. 5.2, Santiaguito Tlalcilcali, CP.50904, Almoloya de Juárez, Edo. de México

³Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Posta Veterinaria Km. 1.5 Morelia-Zinápecuaro. CP. 58880, Morelia, Michoacán, México.

Resumen

En el año 2010 México generó 748,252.2 Gigagramos de bióxido de carbono equivalente de gases de efecto invernadero, lo que significó el 1.37 % de la generación mundial. Del total de emisiones del país, el 2.96 % fue aportado por sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos, debido a la emisión de biogás, el cual está compuesto principalmente por metano y bióxido de carbono. No en todos los sitios de disposición se tiene información de la generación de biogás, por lo que es importante realizar estimaciones para conocer con mayor certidumbre la contribución de la biodegradación de los residuos. El objetivo de este trabajo fue estimar la generación de metano en la Celda saneada y la Celda 03 que cumple con la NOM-083-SEMARNAT-2006 del relleno sanitario del Municipio de Zinacantepec, Estado de México. Para ello se realizaron estudios de caracterización de residuos, se analizaron las condiciones de operación y se utilizó el Modelo Mexicano de Biogás Versión 2.0 acreditado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. Los resultados muestran que la cantidad de materia orgánica de los residuos de la Celda saneada es similar a la sugerida por el modelo y 50% menor para la Celda 03. La estimación máxima de metano para la Celda saneada fue de 1,441 m³/hr para 2008 y para la Celda 03 de 188.5 m³/hr para 2015. La utilización del metano por 20 años como energético equivaldría a una reducción de 635 y 173 Gigagramos de bióxido de carbono equivalente respectivamente.

Palabras Clave: *Biogás, Estimación, Metano, Residuos*

1. Introducción

En los sitios de disposición final se produce una descomposición de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) generando biogás, cuyos componentes principales son el bióxido de carbono (CO₂) y el metano (CH₄), ambos considerados como gases de efecto invernadero (GEI). En México se cuenta con datos de emisiones de GEI a partir de 1990, reportándose una generación de 561,035 Gigagramos de Bióxido de Carbono equivalente (GgCO₂e), donde el 2.8% fue debido a Rellenos Sanitarios (RESA) [1]. Para el año 2010 México generó 748,252 GgCO₂e de GEI, lo que significó a nivel mundial el 1.37 %. Ese mismo año del total de emisiones como país, solo el 2.96 % (22,148 GgCO₂e) fue aportado por sitios de disposición final de RSU [1], [2]. En el país de acuerdo a la NOM-083-SEMARNAT-2003, los sitios para la disposición final de RSU son clasificados en tres categorías: RESA, sitio controlado (SC) y tiradero a cielo abierto o sitio no controlado (SNC) [3].

En cuanto a los RESA según estudios del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) en 1995 existían a nivel nacional solo 30. En 2009 aumentaron a 137 RESA y para el año 2010 se incrementaron a 238. Con base en lo anterior en el 2010 el 70.5% de los RSU (28.2 millones de Ton) fue depositado en SC; 25.2% (10.1 millones) en SNC y 4.2% (1.7 millones) se recuperaron para la comercialización con fines de reciclaje [4].

Para la estimación de biogás existen modelos como el Landfill Gas Emission Model (LandGEM) (EAP), el Método del panel intergubernamental del cambio climático (IPCC), el Método de cámara de flujo cerrado [5] y el Modelo Mexicano de Biogás Versión 2.0 (MMB), que es una variación del modelo de la EPA [6]. Entre los trabajos reportados de estimaciones de biogás en sitios de disposición se tiene el de Panesso [7] de un RESA en Pereira, Colombia, donde utiliza el modelo LandGEM; Córdoba *et al.* [8] que emplea el modelo del IPCC en dos sitios de disposición final con captura de biogás en Argentina y el de López *et al.* [9] que utiliza el método del IPCC sobre un vertedero del norte de España. En México se tienen algunos reportes como el de Aguilar *et al.* [10] que utiliza el método del IPCC para el RESA de Mexicali, B.C. y el de Buenrostro *et al.* [11] que estima con el Modelo Mexicano V2.0 la generación de biogás del RESA de Morelia, Michoacán.

Si bien en México se cuenta con el Inventario Nacional de emisiones de GEI (INEGEI), cabe mencionar que no en todos los sitios de disposición final de RSU se tiene información de la generación de biogás, por lo que es importante realizar estimaciones que permitan conocer con mayor certidumbre la contribución de la biodegradación de los RSU y generar información para coadyuvar al cumplimiento de los compromisos adquiridos dentro del Protocolo de Kioto [1]. Conforme a lo anterior el objetivo de este trabajo fue estimar la generación de CH₄ en una celda saneada y una celda que cumple con la NOM-083-SEMARNAT-2006 del RESA del Municipio de Zinacantepec, Estado de México.

2. Metodología

2.1 Caracterización de residuos sólidos urbanos

El estudio se llevó a cabo en la Celda saneada (Cs) y Celda 03 (C3) del RESA de Zinacantepec, Estado de México. En cuanto a la caracterización de los RSU de la Cs, se utilizó información recabada por la empresa MASERA S.A. de C.V. en el 2006, mediante un muestreo en las casas habitación de Zinacantepec siguiendo la NMX-AA-61-1985, la cual es complementaria con la NMX-AA-015-1985. Para la caracterización de la C3 se extrajeron RSU con ayuda de una excavadora hidráulica, tomando una muestra de aproximadamente 1000 kg de la capa superficial compactada y se depositó en un área apartada al frente de trabajo. A estos residuos se les practicó el método del cuarteo (NMX-AA-015-1985) y se les determinó el peso específico por duplicado de acuerdo a la NMX-AA-019-1985. La muestra fue llevada al Laboratorio de Investigación en Ingeniería Ambiental del Instituto Tecnológico de Toluca, donde se seleccionaron en 26 subproductos conforme a la NMX-AA-022-1985 [1].

2.2 Condiciones de operación del sitio de disposición

La información sobre el año de inicio y clausura de cada celda, ubicación del sitio, recubrimiento inferior y los RSU dispuestos por año, se obtuvieron de documentos proporcionados por la empresa que opera el RESA. Las condiciones de operación actuales se identificaron mediante visitas mensuales al RESA, con el fin de documentar los siguientes aspectos relevantes para el MMB [6]: cobertura del sistema de captura de biogás, profundidad de los RSU, tipo de cobertura y extensión, compactación de RSU, tamaño de área de disposición activa y manejo de lixiviados.

2.3. Estimación de metano

La estimación de CH₄ se realizó con ayuda del MMB [6], el cual permite estimar la generación de biogás sin necesidad de pruebas de extracción del mismo, considera el flujo de biogás con 50% de CH₄, provee automáticamente valores para el índice de generación de CH₄ (k) y valores para la generación potencial de CH₄ (L₀) por zona geográfica. Si bien contiene caracterizaciones de RSU por entidad federativa, es posible que el usuario introduzca una caracterización particular, con lo que la estimación tiene una mayor certidumbre.

3. Resultados y discusión

El sitio se localiza en el kilómetro 11.5 de la carretera Estatal Toluca-Zitácuaro, tiene una extensión de siete hectáreas, inició operando hace 24 años como tiradero a cielo abierto y desde 2007 opera como RESA.

3.1. Caracterización de residuos sólidos urbanos

El sitio cuenta con una Cs y tres celdas que cumplen con la NOM-083-SEMARNAT-2003 [1]. Las celdas del presente estudio fueron la Cs con una capacidad de 545,500 Ton de RSU y la C3 de 290,000 Ton. Como se menciona en la metodología, se consideró la caracterización de los RSU realizada por la empresa MASERA S.A. de C.V. para la Cs [12]. La caracterización de los RSU de la C3 se realizó en febrero de 2013 de acuerdo al apartado 2.1. En la Tabla 1 se concentra la composición para ambas celdas, reagrupando los 26 los subproductos que lista la NMX- AA-022-1985 en 14 como lo requiere el MMB [1], [6].

Tabla 1. Caracterización Cs y C3 en 14 subproductos

	Subproducto	Celda saneada	Celda 03		Subproducto	Celda saneada	Celda 03
1	Comida	50.2%	9.6%	8	Otros Orgánicos	6.5%	12.9%
2	Papel y Cartón	14.1%	9.4%	9	Pañales	2.8%	4.2%
3	Poda (Jardín)	0%	1.4%	10	Metales	2.2%	1.3%
4	Madera	1.2%	0.7%	11	Vidrio y Cerámica	2.6%	2.2%
5	Caucho, Piel, Huesos y Paja	1.5%	2.3%	12	Construcción y demolición	0.1%	6.8%
6	Textiles	1.7%	3.6%	13	Plásticos	9.8%	21.5%
7	Papel Higiénico	2.8%	4.2%	14	Otros Inorgánicos	4.5%	19.8%

Como puede observarse en la Tabla 1, para la Cs la Comida representa un porcentaje importante y es próximo al reportado como media nacional por la SEMARNAT de 54.4% en 2010 y al sugerido por el MMB (55.4%) para restos de comida, jardines y materiales orgánicos similares [1], [6]. La diferencia de prácticamente el 50% en Comida y Otros Orgánicos entre la C3 y la Cs, puede atribuirse a que la caracterización de esta última se hizo en las casas habitación. Respecto a Otros Inorgánicos, la C3 es cinco veces mayor que en la Cs, debido a que en la C3 se reciben residuos sólidos no peligrosos de comercios y empresas de la zona industrial de Toluca.

3.2. Condiciones de operación del sitio de disposición

El sitio de estudio se ubica en la zona geográfica centro, por lo que los valores de k y L_0 del MMB son de 0.16 y 69 respectivamente. Cabe mencionar que la empresa inició trabajos para la Cs en el año 2006 y le clausuró en 2008; mientras que la C3 inicio su operación en 2012 y se clausurará en 2014. El recubrimiento inferior de la C3 está constituido por tres capas impermeables, la primera

conformada por material arcilloso con un espesor de 0.30 m compactado al 90% de la prueba proctor, la segunda se compone de una geomembrana de polietileno de alta densidad de 1.5 mm de espesor, la tercera capa que servirá de protección a la geomembrana está compuesta por 0.20 m de material arcilloso compactado al 85% de la prueba proctor. La Tabla 2 muestra las condiciones de operación, donde la compactación de los RSU se realizó mediante un equipo marca CAT, modelo 816F, Serie 2. Para el manejo de lixiviados se cuenta con cárcamos y drenes colectores que confluyen en la Fosa 1.

Tabla 2. Condiciones de operación del RESA

Variable	Celda saneada	Celda 03
Cobertura final	0.30 m	0.30 m
Cobertura del sistema de captura	60%	60%
Profundidad de RSU	12 m	12 m
Tipo de cobertura/extensión	95%/90%	90%/80%
Compactación de RSU	600 kg/ m ³	700 kg/m ³
Área de disposición activa	Si dispone	Si dispone
Lixiviados	Fosa 1	Fosa 1

3.3. Estimación de metano

La información documental y de campo (Ver tablas 1 y 2) se adecuó para alimentar el MMB y se realizaron las estimaciones de biogás y CH₄ para cada una de las celdas. Los índices de disposición anual para las celdas fueron del 1% y la eficiencia de captura de biogás fue calculada de 63% para la Cs y 67% para la C3. En la Figura 1 se muestra la generación de CH₄, donde la producción máxima para la Cs fue de 1,441 m³/hr en el año 2008 y para la C3 de 188.5 m³/hr el año 2015. Si el CH₄ capturado por 20 años de estas celdas se utilizara como energético, ello equivaldría a una reducción de 635 y 173 GgCO₂e equivalente respectivamente.

Como puede apreciarse en la Figura 1, la generación de CH₄ se extienden más allá del año 2039, evidenciándose que la Cs y la C3 requerirán más de 20 años para estabilizarse. Una de las recomendaciones para este tipo de sitios es implantar la tecnología de BioRESA, la cual consiste principalmente en la recirculación controlada de lixiviados para obtener una mayor producción de biogás y estabilización del mismo en un menor tiempo [13].

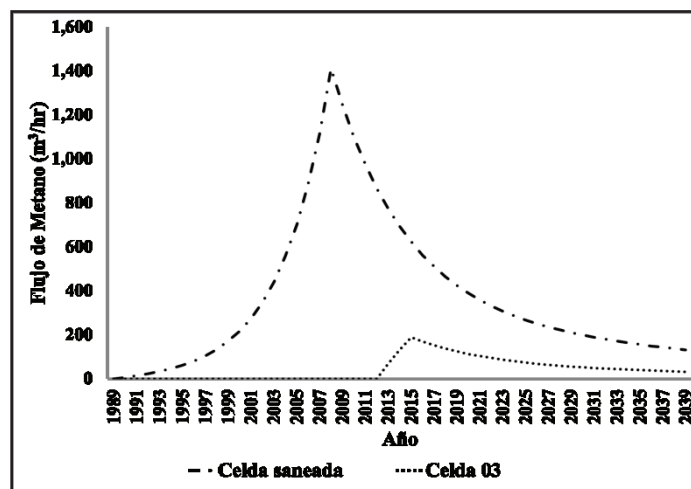


Figura 1. Estimación de generación de biogás Cs y C3

4. Conclusiones

Las caracterizaciones de los RSU mostraron diferencias entre las celdas debido a que en la Cs la caracterización se realizó en las casas habitación de Zinacantepec, mientras que para la C3 se realizó en el RESA. Las estimaciones de biogás de las celdas se deben tomar con mesura, sobre todo la correspondiente a las Cs, donde la caracterización utilizada fue de la recopilación de RSU de la ciudadanía. Las estimaciones de CH₄ con el MMB muestran que la Cs y la C3 que opera como RESA tradicional requerirán de un periodo mayor a 20 años para estabilizarse.

Agradecimientos

A la empresa Mantenimientos y Servicios Ambientales S.A. de C.V por las facilidades brindadas y al CONACYT por el apoyo de dos becarios.

Referencias Bibliográficas

- [1] INEGI. Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. SEMARNAT (Secretaría del medio ambiente y recursos naturales). INE (Instituto nacional de ecología). México. D.F. 2012. pp. 30.
- [2] OCDE. Las emisiones de gases de efecto invernadero, OCDE Estadísticas del medio ambiente (base de datos). 2013. (Consultado el 1 Abril de 2013). <http://oe.cd/disclaimer>
- [3] SEMARNAT. 2013. (Secretaría de Medioambiente y Recursos Naturales). Marco Jurídico del Sector Medio Ambiente (Consultado el 1 Abril de 2013). <http://www.semarnat.gob.mx/leyesyformas/Pages/nmx-residuos.aspx>. México. D.F.
- [4] Presidencia de la Republica. (Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos). Quinto informe de gobierno. (Consultado: 5 de Junio de 2013). http://quinto.informe.gob.mx/archivos/informe_de_gobierno/pdf/2_12.pdf. ISBN: 978-607-430-047-5. p.p. 624. México. D. F. 2011. pp. 624.
- [5] Aguilar Virgen Q., Taboada González P., Ojeda Benítez S. Potencial de producción eléctrica del biogás generado en un relleno sanitario. Ingeniería e investigación vol. 31 no. 3. 2011. pp. 56-65.
- [6] SCS Engineers. Manual del Usuario Modelo Mexicano de Biogás Versión 2.0. SCS Engineers Phoenix, AZ 85008. Contrato de EPA No. EP – W -06-023. Actividad 30. Landfill Methane Outreach Program. Agencia para la Protección del Ambiente (U.S. EPA) .2009. pp. 3, 7, 8, 11.
- [7] Panesso A. F., Cadena J. A., Mora-Flórez J. J., Ordoñez M. C. Estudio de biogás captado en un relleno sanitario para su posible utilización como combustible primario en la generación de energía eléctrica. Ide@as CONCYTEG 7 (88). ISSN: 2007-2716. 2012. pp.1176.
- [8] Córdoba V., Blanco G., Santalla E. Modelado de la generación de biogás en rellenos sanitarios. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 13. ISSN 0329-5184. 2009. pp. 70.
- [9] López Martínez A., Chavarría Montecinos C., Cacho Rasillo L., Lobo García de Cortázar A. Cuantificación de emisiones difusas mediante cámara de flujo en un vertedero de residuos urbanos. REDISA (Red de Ingeniería de Saneamiento Ambiental). ABES (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental). 3º Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. 2º Seminário da Região Nordeste sobre Resíduos Sólidos. 2010. pp. 1
- [10] Aguilar Virgen Q., Ojeda Benítez S., Taboada González P., Quintero Nuñez M. Estimación de las constantes k y L_0 de la tasa de generación de biogás en sitios de disposición final en baja california, México. Rev. Int. Contam. Ambie. 28. 2012. pp.43-49.
- [11] Buenrostro Delgado O., González Razo C. A., Hernández Berriel M. C., Robles Martínez F., Márquez Benavides L. Potencial de generación de energía alterna a partir del metano generado en el relleno clausurado de Morelia, Michoacán. 5º Encuentro Nacional de Expertos en Residuos Sólidos. 2012. pp.1
- [12] MASERA. Mantenimientos y Servicios Ambientales S.A. de C.V. Proyecto ejecutivo para el saneamiento y construcción de dos celdas de disposición final de residuos sólidos urbanos, en el municipio de Zinacantepec, Edo. Mex. 2007. Zinacantepec. Edo. Mex. pp. 1, 4, 75, 90, 94.
- [13] Mostafa W. Bioreactor landfills: experimental and field results. Elsevier Science. Waste Management 22. 2002. pp.7-17.

Los derechos humanos frente a la contaminación generada por la disposición final de residuos sólidos

¹Gerardo Bernache Pérez, ²Meybolt L. Ruvalcaba Mora y ³Daniella F. Ruiz- Magaña Avalos

¹Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, ²Maestría en Gestión Social y Políticas Públicas, Universidad Autónoma de Guadalajara, ³Pasante Carrera Abogado, Universidad de Guadalajara.

CIESAS, Unidad Occidente

Ave. España 1359, Col. Moderna, Guad. Jal. 44190

gerardo.bernache@gmail.com

Resumen

En esta ponencia se presentan tres casos de contaminación ocasionada por vertederos municipales de residuos sólidos que tienen un impacto negativo sobre la población residente en colonias ubicadas en la periferia de la zona metropolitana de Guadalajara (ZMG). Los problemas ocasionados por la generación y manejo de los residuos sólidos en el estado de Jalisco resultan en un número significativo de Quejas ciudadanas ante la CEDHJ. Las Quejas ciudadanas que se presentan ante la Comisión Estatal de Derechos Humanos Jalisco (CEDHJ) por violación a los derechos humanos ambientales aumentaron de manera exponencial a partir del año 2008. Los tres casos más importantes de violación a derechos humanos relacionados con vertederos municipales en la ZMG se han documentado en la Recomendación estatal 2/99; la Recomendación estatal 1/2009; y la Queja de la Asamblea Regional de Afectados Ambientales Jalisco 2010 ante la Comisión Nacional de Derechos Humanos. En este trabajo se analizan los tres casos para entender mejor la operación de los sitios de disposición final, sus problemas en términos de cumplimiento de la normatividad vigente y los impactos negativos que ocasionan en comunidades aledañas. La violación a los derechos humanos ambientales la realiza la autoridad responsable del control de la contaminación y que no cumple con su cometido, resultando en afectaciones a ciudadanos. A pesar de las recomendaciones emitidas y las propuestas de conciliación de partes, la situación de contaminación en los vertederos de la ZMG sigue siendo, en el 2013, un grave problema

Palabras Clave: *degradación ambiental, vertederos municipales, población afectada, Jalisco*

1. Introducción

El modelo económico político que rige en México se caracteriza por su flexibilidad en la aplicación de la legislación ambiental a las empresas y ayuntamientos que ocasionan contaminación [1]. Por una parte, las empresas tienen las menores restricciones posibles, si bien la normatividad ambiental puede ser estricta, en la práctica es poca la vigilancia que se ejerce y no se logra un control eficiente del desempeño ambiental. Por otra parte están los ayuntamientos que cumplen dos funciones simultáneas, una como responsables de otorgar un servicio público y otra como responsables del control ambiental en su jurisdicción. En los casos del manejo de residuos sólidos, los ayuntamientos muchas veces no cumplen con los estándares que marca la normatividad vigente, pero se permiten seguir operando bajo la lógica que lo más importante es brindar los servicios y que suspenderlos causa gran molestia entre los ciudadanos, por lo que el desempeño ambiental se considera como un rubro secundario.

La falta de una regulación eficiente por parte de las autoridades ambientales de los diferentes niveles de gobierno ha permitido el crecimiento de la contaminación ambiental que ahora pone en riesgo no solo el equilibrio ecológico regional, sino también amenaza la salud y bienestar de las comunidades locales [2], [3], [4], y [5]. La violación a los derechos de estas personas las realiza la autoridad responsable (municipal, estatal y federal) al ser omisos en el cumplimiento de sus funciones y obligaciones al no controlar las acciones de contaminación que originan las empresas, los ayuntamientos y las personas físicas.

Tabla 1. Quejas por violación a derechos ambientales en el estado de Jalisco

Quejas ambientales presentadas ante La Comisión Estatal de Derechos Humanos Jalisco [4]	
Año	Frecuencias
2007	15
2008	437
2009	8,785
2010	3,812
2011	1,876
2012	5,619

2. Desarrollo

En el caso de la zona metropolitana de Guadalajara, la segunda ciudad de importancia en México, las comunidades de varios municipios conurbados han resentido el impacto negativo de la contaminación que ocasionan los vertederos de residuos municipales que se ubican en la periferia de la mancha urbana [6]. El principal vector de contaminación son los lixiviados que se escapan de los vertederos y que contaminan las fuentes de agua en sus alrededores, tanto aguas superficiales como arroyos, lagunas y presas, como aguas subterráneas que alimenta pozos profundos.

En esta ponencia se presentan tres casos de violación a los derechos humanos que se originan en la contaminación ambiental de los sitios de disposición final de residuos sólidos ubicados en la ZMG. Los dos primeros casos han resultado en Recomendaciones emitidas por la CEDHJ y el último caso corresponde a una Queja que interpuso la Asamblea Regional de Afectados Ambientales (ARAAJ) ante la Comisión Nacional de Derechos Humanos (CNDH).

2.1. Recomendación 2/99 CEDHJ: los basureros de la zona metropolitana de Guadalajara

A finales de la década de los noventa la CEDHJ presentó, por primera vez, una Recomendación que giraba en torno a los problemas de contaminación ambiental y los impactos en la vida de los residentes en las colonias vecinas a sitios de disposición final en la ZMG [2]. La Recomendación 2/99 documentaba las violaciones al derecho a la salud y a un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado que sufrieron los habitantes de un número de colonias en la ZMG..

La Recomendación 02/99 dejó claro que se violaron los derechos humanos en materia ambiental.. En el caso en cuestión, se señalaba que la infraestructura y la operación de los sitios visitados no cumplían con las normas ambientales vigentes [2].

En la Recomendación, la CEDHJ pedía a las autoridades estatales y municipales competentes el poner “un alto a la contaminación que provocan los sitios de disposición final de residuos sólidos municipales en operación y ya clausurados” y a que “cumplan cabalmente sus obligaciones de supervisión y monitoreo constante de estos lugares en relación a las emanaciones de gas y producción de lixiviados (jugos de la basura), y que apliquen las medidas que procedan para evitar la contaminación de los suelos y mantos acuíferos” [2]

2.2. Recomendación 1/2009: el Río Santiago y la comunidad de El Salto

Por su parte, Recomendación 1/2009 de la CEDHJ se centra en la contaminación del Río Santiago y del polígono que forma la subcuenca del arroyo de El Ahogado, subsidiario del Santiago. Una de las cuatro problemáticas principales que encontraron los Visitadores de la CEDHJ fue la contaminación ocasionada por el Vertedero Los Laureles [3].

En la zona se localizan una decena de comunidades y colonias de la zona El Salto y Tonalá se ubican en una franja que por un lado colinda con el cauce contaminado del Río Santiago y por otro lado con el Vertedero Los Laureles. Este sitio de disposición final de residuos que recibe más de 1,500 toneladas diarias de residuos y es operado por la empresa concesionaria CAABSA que brinda servicio a los ayuntamientos de Guadalajara, Tonalá, El Salto y Tlajomulco. Los residentes de esta zona viven a una distancia que va de los 500 metros a los 2,000 metros del perímetro del sitio Los Laureles, una distancia corta que los expone, de manera permanente, a dos vectores de contaminación: las emisiones a la atmósfera que inciden en una pobre calidad del aire; y a los escurrimientos líquidos conocidos como lixiviados que afectan el agua de los pozos, arroyos locales y el propio río Santiago. Estas colonias ubicadas al norponiente de la cabecera municipal de El Salto y al nororiente de Tonalá (Puente Grande y Tololotlán) se han organizado en asociaciones ambientalistas y grupos vecinales para exigir a las autoridades competentes que se controle la contaminación y las afectaciones que ésta produce en su bienestar y salud [6], [7] y [8].

En una visita de inspección realizada en abril de 2009 al Vertedero Los Laureles, se constataron las “diversas irregularidades en la disposición, manejo y tratamiento de los residuos sólidos urbanos, de las que resaltan las escorrentías de lixiviados al Arroyo de Los Laureles, afluente del Río Santiago, y sus infiltraciones en los mantos acuíferos” [3]. Por último, la CEDHJ pide a las autoridades ambientales competentes a nivel municipal y estatal que intensifiquen su labor de inspección y vigilancia para asegurar que se aplicarán las medidas correctivas para subsanar las irregularidades en la operación de este sitio de disposición final.

2.3. Queja ante la Comisión Nacional de Derechos Humanos: comunidades de Zapopan

En el municipio de Zapopan se localizan las comunidades de Milpillas, San Lorenzo, Huaxtla, e Ixcatán que se ven impactadas negativamente por las descargas de lixiviados contaminantes que provienen de cuatro vertederos que se localizan en la zona. Los vertederos de Copalita y El Taray ya agotaron su vida útil, están cerrados desde hace años, pero aún ahora siguen generando y expulsando lixiviados que van a los arroyos de La Soledad y de Milpillas, respectivamente. Los otros dos vertederos, Picachos y Hasar’s están en operación actualmente y cada uno recibe más de 1,200 toneladas diarias de residuos sólidos urbanos, estos dos sitios generan grandes caudales de lixiviados que contienen residuos peligrosos como plomo, cianuros, y cromo hexavalente [5], [6]. Estos torrentes de lixiviados se descargan en el cauce del Arroyo Grande de Milpillas en la parte superior de la microcuenca y en cuestión de minutos llegan estas aguas contaminadas al territorio de los pueblos mencionados que se ubican de 2 a 10 kilómetros pendiente abajo en la Barranca del Río Santiago. Estos pueblos han usado tradicionalmente el agua del Arroyo Grande de Milpillas para riego de huertas frutales y otras siembras, para el ganado y aun para ciertas actividades domésticas.

La Queja CNDH/2010/5166/Q fue presentada por la ARAAJ en el año 2010 [8]. La ARAAJ es una asociación de grupos comunitarios y vecinales, donde destaca la presencia de representantes de los afectados por actividades de los vertederos en la zona de El Salto y Tonalá, también participan los pueblos de la barranca en Zapopan. La ARAAJ tiene la representación de las comunidades y pueblos de El Salto, Juanacatlán, Tololotlán, Los Tempizques, San Isidro, San Esteban, Exhacienda de El Lazo, Ixcatán, Paso de Guadalupe, La Soledad, Huaxtla, Milpillás, San Lorenzo y Hostotipaquillo, entre otros más.

La Queja fue turnada de la CNDH a la CEDHJ en noviembre de 2011. La CEDHJ empezó a tomar acciones en el caso de Zapopan y ha señalado que persisten las irregularidades en el manejo de lixiviados en el vertedero municipal Picachos y en el vertedero privado Hasar's. La CEDHJ ha pedido a las autoridades responsables sancionar a este último por recurrentes derrames-descargas de lixiviados [9], [10]. El titular de la Primera Visitaduría General de la CEDHJ, César Orozco, ha dicho en entrevista publicada por un periódico local que "lamentablemente no es exagerado lo que mencionan los ejidatarios respecto a que los lixiviados están contaminando ... en las visitas de inspección vimos los pequeños arroyos que hay en el lugar y pudimos advertir estos escurrimientos a simple vista" [10]. La CEDHJ ha pedido que los dos vertederos cumplan cabalmente con los criterios que establece la norma oficial NOM-083-SEMARNAT-2003 respecto a la operación y monitoreo de los sitios de disposición final de residuos. Finalmente, la CEDHJ ha presentado una "propuesta de conciliación" al Ayuntamiento de Zapopan y a las autoridades ambientales de la SEMADES para detener las violaciones a los derechos humanos de las comunidades afectadas en su territorio municipal [9], [10].

3. Resultados y discusión

Mientras que las empresas y ayuntamientos causantes de la contaminación tienden a minimizar la magnitud del problema y su impacto negativo, los pobladores de las comunidades afectadas observan los altos niveles de contaminación en su entorno que afectan las fuentes de agua, la calidad del aire y los suelos. Los pobladores perciben el riesgo a su salud como algo grave que además les afecta directamente en su calidad de vida, en su patrimonio y en su trabajo [5].

En el caso de la Recomendación 2/99, las autoridades locales la aceptaron, invirtieron recursos en infraestructura y mejoraron la operación y el mantenimiento de los sitios de disposición final en la ZMG, tanto los que se encontraban operando como en los clausurados. Sin embargo, al pasar de los años se cae en una inercia y vuelve a decaer el sistema de manejo de los vertederos. Actualmente, los sitios identificados como problemáticos en 1999 siguen siendo un problema, un pasivo ambiental que tiene impactos negativos sobre el medio ambiente local y sobre la población vecina.

Por su parte, la Recomendación 1/2009 sobre las condiciones del Río Santiago y el impacto en la población de El Salto no tuvo una aceptación por las autoridades municipales, estatales y federales a las que iba dirigida dicho resolutive, sino que fue prácticamente ignorada. De ahí que la Recomendación de la CEDHJ tuvo poco impacto en la situación y la contaminación que ocasionan un número de generadores, incluyendo el sitio de Los Laureles, sigue vigente para el 2013.

La situación de la Queja presentada por la ARAAJ por la contaminación por lixiviados que escapan de los dos vertederos que operan en Zapopan. Las mejoras han sido menores y durante el temporal de lluvias 2013 se siguen escapando los lixiviados que llevan residuos peligrosos hacia el cauce del Arroyo Grande de Milpillás. Tanto la empresa Hasar's como el Ayuntamiento de Zapopan han reportado la construcción de sendas Plantas de Tratamiento de Lixiviados, éstas aún no entran en operación. Por lo que el problema de contaminación de esta microcuenca en Zapopan no se ha solucionado y la CEDHJ no ha emitido Recomendación alguna en este caso.

4. Conclusiones

Los modelos económicos que rigen al país, con sus políticas neoliberales, sin duda terminan favoreciendo a las actividades empresariales y brindan un permiso implícito para contaminar en las zonas marginales que habitan poblaciones pobres [5]. Esto se hace evidente en los casos que aquí se han presentado. Respecto a la contaminación de fuentes de agua por derrames y descargas de lixiviados provenientes de vertederos localizados en la zona metropolitana de Guadalajara, los operadores de los sitios niegan su responsabilidad, minimizan el impacto de derrames “accidentales” y no están dispuestos a cambiar sus prácticas contaminantes. Tampoco están dispuestos a compensar con recursos económicos a las poblaciones afectadas por la contaminación, es más factible que coopten a la autoridad y que desarrollen prácticas de acoso a los que protestan, incluso demandando a los afectados cuando realizan protestas y bloquean temporalmente los caminos de ingreso a los vertederos.

La violación al derecho humano a un ambiente sano y a su salud es un acto de las autoridades, que por acción u omisión, han permitido que la contaminación crezca y avance, ya que no han supervisado, no han sancionado, no han controlado los vectores de contaminación por residuos peligrosos que se generan en los vertederos que operan en Zapopan y Tonalá [6]. Esta debilidad o incapacidad de las autoridades responsables del control de la contaminación resulta en afectaciones graves a la salud y al bienestar de comunidades asentadas en El Salto, Tonalá y Zapopan. A pesar de que esta situación irregular de la operación de los vertederos locales fue señalada desde los noventas como una violación a los derechos humanos, aún no hay una respuesta apropiada para solucionar el problema de la contaminación y su impacto social. Desafortunadamente, las irregularidades en vertederos, las violaciones a derechos humanos y la contaminación por residuos peligrosos siguen presentes y continúan afectando a la población residente de los municipios de El Salto, Tonalá y Zapopan.

Referencias Bibliográficas

- [1] Harvey, D. “The environment of justice.” En *The urbanization of injustice*. A. Merrifield y E. Swyndegow (editors). 1997. New York University Press. Nueva York.
- [2] Comisión Estatal de Derechos Humanos Jalisco. *Recomendación 2/99, Derecho a la salud y a un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado*. (1999). Comisión Estatal de Derechos Humanos Jalisco, Guadalajara.
- [3] Comisión Estatal de Derechos Humanos Jalisco. *Recomendación 1/2009, Violación de los derechos humanos a gozar de un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, a la salud, al agua, a la alimentación, al patrimonio, a la legalidad, a la seguridad social, al desarrollo sustentable, a la democracia, al trabajo, a tener una vivienda en un entorno digno, los derechos de niñas y niños a un nivel de vida adecuado para su desarrollo físico, espiritual, moral y social*. (2009) Comisión Estatal de Derechos Humanos Jalisco, Guadalajara.
- [4] Comisión Estatal de Derechos Humanos Jalisco. *V Informe de Actividades 2007-2012*. (2012). Comisión Estatal de Derechos Humanos Jalisco. Guadalajara.
- [5] Bernache, G. “Comunidades contaminadas y el derecho a un ambiente sano”. En *Jalisco hoy. Miradas Antropológicas*. R.de la Torre y S. Bastos (compiladores). (2012). Colección CIESAS Occidente XXV Años. México, D.F. páginas 257-284.
- [6] Bernache, G. *Cuando la basura nos alcance. El impacto de la degradación ambiental*. (2011). Segunda edición. Publicaciones de la Casa Chata. CIESAS. México, D.F. 566 páginas.
- [7] Un Salto de Vida, A. C. *Denuncia Popular Ambiental sobre la contaminación que ocasiona el Vertedero conocido como Los Laureles que opera la Empresa CAABSA en los límites del municipio de Tonalá*.

Presentada a la Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable (2008). Manuscrito no publicado. Guadalajara.

[8] Asamblea Regional de Afectados Ambientales de Jalisco. *Queja CNDH/2010/5166/Q, por la Violación del Derecho a un Ambiente Sano y a la Salud de los pueblos afectados por la contaminación en Jalisco.* (2010) Presentada ante la Comisión Nacional de Derechos Humanos, Cuarta Visitaduría General. México, D.F.

[9] Herrejón, R. “Exhorta CEDHJ a tratar lixiviados.” Periódico *Mural*, 11/11/2011. Guadalajara. Consultado en: <http://cronicadesociales.org/2011/11/11/exhorta-cedhj-a-tratar-lixiviados/>

[10] Rello, M. C. “CEDHJ pide a Zapopan solucionar polución”. Publicado en Periódico *Milenio*, 11/11/2011. Consultado en: <http://origen-impreso.milenio.com/node/9060174>

Gasto de energía fósil en el proceso de granjas de aves de engorde

¹Alejandra Arroyo Pitacua, ^{2*}Liliana Márquez Benavides, ³J. Arce Menocal, ⁴Edgar L. Moreno Goytia

1. Maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 2* Autor de correspondencia. Laboratorio de Residuos Sólidos y Medio Ambiente, Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. lmarquez@umich.mx., 3.Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 4 Posgrado en Ingeniería Eléctrica. Instituto Tecnológico de Morelia.

Resumen

México ocupa el lugar 12 a nivel mundial en las emisiones de CO₂ por quema de combustibles fósiles, con un total de 374.25 millones de toneladas de CO₂ o el 1.5% de las emisiones globales. Del total, el 7% del CO₂ equivalente fue aportado por la actividad agrícola.

Asimismo, México es el 4° productor de aves a nivel mundial y a nivel nacional presenta el 63% de toda la producción pecuaria, generando el cárnico número 1 del país: el pollo. Este rubro representa el 0.8% del PIB con 2.9 millones de toneladas de carne en 2011.

El objetivo de esta investigación fue realizar un diagnóstico para evaluar el consumo de energía fósil (luz y gas), consumo de agua, manejos de residuos y alimentación de aves de engorde requerido en el proceso de cría de aves de engorde en granjas.

Palabras clave: *Avícola; Gasto energético; GEI; Residuos pecuarios.*

1. Introducción

Los procesos productivos pecuarios representan un impacto al ambiente en varios niveles: agua, suelo, y en particular se consideran fuentes importantes de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) como el CO₂ proveniente de la quema de combustibles. Las granjas avícolas requieren de energía para proveer confort térmico, calidad del aire y luminosidad adecuada a las aves, así como para movilizar alimento, equipo, material para la cama, desechos, disponer de la mortalidad y en ocasiones para obtener agua [1].

El Informe final del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero [2], indica que la contribución de Gases de Efecto Invernadero por consumo de combustibles fósiles, en lo que respecta a fuentes fijas y de área de los sectores residencial, comercial y agropecuario en su conjunto, representa el 8%. Sin embargo no se desglosa con exactitud el impacto de la actividad pecuaria y en particular el de la producción avícola.

El Potencial de Calentamiento Global (Global Warming Potencial, GWP) es una herramienta que permite ponderar diferentes emisiones de GEI con 1 Kg de CO₂. La suma de las emisiones de GEI (CO₂, CH₄, N₂O) que es directa o indirectamente causado por una actividad o que se acumula durante las etapas de la vida de un producto ha sido definida como la Huella de Carbono, y se expresa como CO₂ equivalente (CO₂e) [3] y [4]. El objetivo de éste trabajo fue evaluar el consumo de energía fósil y recursos necesarios en el proceso de aves de engorde de engorde, tales como el consumo de alimento y agua, y manejo residuos generados así como las emisiones de GEI generadas por el proceso avícola.

2. Materiales y métodos

El diagnóstico se realizó en una granja semi- tecnificada ubicada en el municipio de Tarímbaro en el Estado de Michoacán de Ocampo. En primer lugar se identificaron las principales entradas y salidas del sistema (Figura 1). Enseguida se seleccionaron los lotes de estudio. Se tomaron como muestra 4 lotes (lotes 4, 6, 18 y 20) de 51 aves de engorde cada uno.

La medición de los principales flujos en la producción de pollo de engorde tales como el consumo de agua y alimento se obtuvieron en 5 edades diferentes del ave; 11, 18, 25, 32 y 39 días, estos datos se utilizaron para calcular el consumo semanal promedio. Cabe mencionar que el ciclo de crecimiento del pollo consta de 5 semanas, durante las cuales se llevó el registro del consumo de Gas LP y de la energía eléctrica.

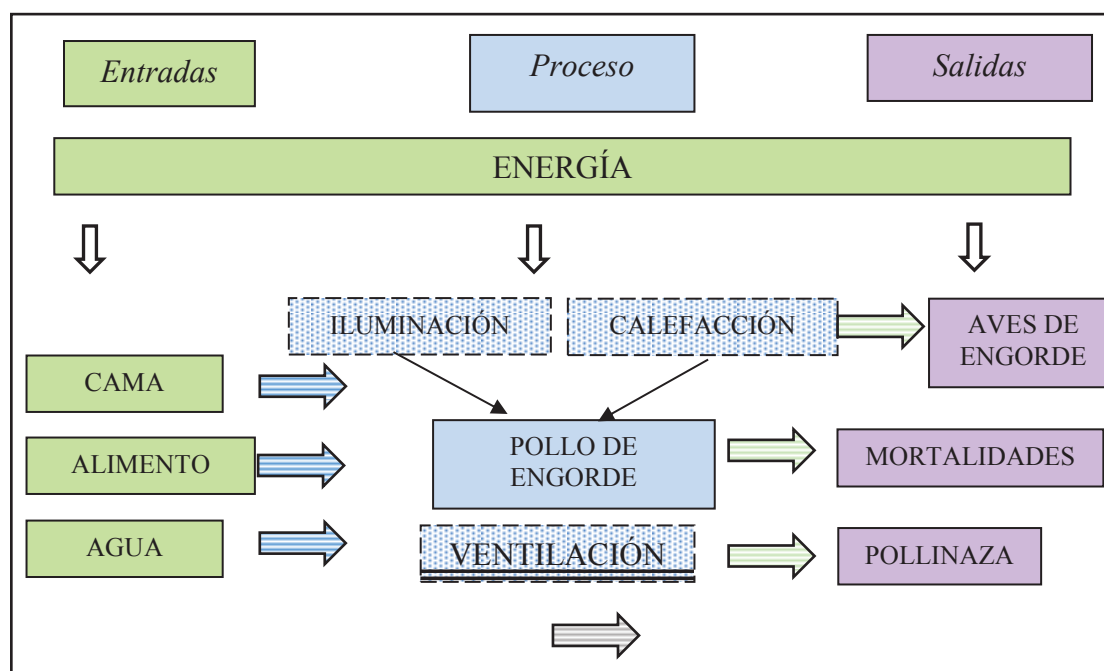


Figura 1. Entradas y Salidas principales del Sistema Avícola de la granja en estudio

3. Resultados y discusión

3.1. Entradas

Los requerimientos de entrada principales para el proceso de producción de pollo de engorde son los siguientes: I) Cama; 30 Kg de aserrín por lote (30 Kg de aserrín por cada 51 aves de engorde), II) Agua; Se midió el consumo de agua a diferentes edades. La Tabla 1 muestra el consumo de agua y el consumo de energía para producir y suministrar agua potable a las casetas. Para calcular la energía consumida para proveer y suministrar agua a la caseta se utilizó el Índice de Consumo Energético (IE) propuesto por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) [5], el cual representa la relación exacta entre la energía utilizada por un sistema de bombeo para producir y distribuir el agua potable y el cual fue calculado para cada Estado. El IE de Michoacán es de 0.75 kWh/m^3 . Éste indicador nos permite conocer el consumo en kWh de energía eléctrica.

Analizando los resultados, se observa que el consumo de energía por la producción y distribución de agua potable no es significativo, ya que representa el 0.14% del consumo de energía en la granja.

Tabla 1, Consumo de Agua y energía para proveer agua a 1000 aves de engorde

	m3	IE (kWh)	MJ
Semana 1	0.8	0.6	2.3
Semana 2	1.7	1.2	4.6
Semana 3	3.1	2.3	8.5
Semana 4	3.0	2.3	8.2
Semana 5	3.8	2.9	10.4
Total	12.6	9.4	34.1

III) Calefacción, Iluminación y Ventilación ; El consumo de energía (luz y gas) varía en las granjas avícolas según la edad de las aves, las características de la nave, el tipo de equipo que se utilice, el mantenimiento de la nave y equipos, y las prácticas de manejo. Las condiciones ambientales y del clima prevalentes en la región donde se ubique la granja influyen en el tipo de aislamiento necesario para obtener las condiciones ambientales deseadas para las aves [1]. Investigadores señalan que el consumo de combustible para la calefacción parece comprender entre 80-90% del consumo de energía secundaria en granjas investigadas en Suecia. Sin embargo, el requisito de calor y la necesidad de ventilación varían en gran medida durante el período de crecimiento [6]. Durante las dos primeras semanas de vida, las aves de engorde necesitan una fuente de calor que los mantenga a 33°C, temperatura que se reduce 3 grados cada semana [7]. Para la calefacción se utilizaron 910 lts de gas LP (Tabla 2). El consumo energético para calefacción representa el 99% de la energía consumida en los rubros estudiados. La ventilación es necesaria para lograr una buena calidad del aire dentro de la caseta y para eliminar la humedad, no requiere energía debido a que se lleva a cabo de forma mecánica. Por último el consumo de energía eléctrica para brindar la iluminación adecuada a las aves fue de 5.58 MJ para 1000 aves en pie lo que representa el 0.023% de la energía consumida.

Tabla 2, Consumo energía para la calefacción de 1000 aves de engorde

Número de aves	Litros de Gas LP	BTU	MJ
1000	910	22981140	24247.4

Por lo tanto, para proveer a las aves de engorde el calor y ventilación necesarios para la producción de 1000 Kg de aves en pie en ésta granja se requieren 12123.7 MJ, cifra alta en comparación con estudios previos que indican que el consumo de energía para éste rubro es de 4.5 MJ/Kg de Ave en canal [8]. (Ver tabla 3). Este resultado sugiere que deben analizarse los equipos de calefacción, así como las instalaciones de la caseta y el equipo de almacenamiento de combustible, con el objetivo de disminuir el consumo de energía. IV) Alimento; La Tabla 4, presenta los resultados de medir el consumo de alimento a diferentes edades del pollo, se tomó como referencia los resultados de [9], quienes realizaron un estudio para conocer la energía requerida y las emisiones de CO₂ equivalente de producir 1 Kg de alimento.

Tabla 3, Consumo de energía para calefacción y ventilación para la producción 1000 kg aves de engorde

	MJ
Ave en pie	12123.7
Ave en canal	4500 [8]

Tabla 4, Consumo de alimento de 1000 aves de engorde

	Kg
Semana 1	530.6
Semana 2	860.0
Semana 3	1293.8
Semana 4	1797.5
Semana 5	1732.6
TOTAL	6214.6

3.2 Salidas

Las salidas de proceso son: I) En los lotes estudiados se produjeron 181 aves de engorde con un peso promedio de 2 Kg, II) Se registraron 23 mortalidades de 201 que iniciaron el ciclo en los cuatro lotes del estudio. III) En cuanto a la pollinaza se generaron en promedio 93.3 Kg por lote.

El consumo de energía en el proceso de engorde de las aves, principalmente por el uso del sistema de calefacción y bombeo de agua generó emisiones de GEI. Enseguida se presentan los resultados de las emisiones de CO₂ eq generadas en la granja, así como aquellas originadas por la producción del alimento para las aves (Tabla 4). En cuanto a las emisiones de CO₂ eq originadas por la producción del alimento para las aves, basándose en estudios previos [9] se encontró que son mayores que las generadas por el consumo de energía dentro de las casetas. Sin embargo, de la energía consumida, la utilizada para calefacción representa una cantidad considerable de emisiones de CO₂ eq con 11.49 toneladas.

Tabla 4, Emisiones de CO₂ eq por consumo de energía al año productivo en la granja

RUBROS QUE CONSUMIERON ENERGÍA	Emisiones tCO ₂ eq
Generación y suministro de agua potable	0.04
Calefacción	11.49
Iluminación	0.028
Alimento*	157.78 [8]
TOTAL	169.36

4. Conclusión

Es sistema de climatización de casetas es un área de oportunidad para disminuir el consumo de energía y las emisiones de CO₂. Deben analizarse la eficiencia y antigüedad de los equipos para garantizar un buen rendimiento.

Deben tomarse en cuenta el tipo de fórmula del alimento. [9] señalan que el impacto ambiental tiende a aumentar en función del contenido de energía y proteínas en las fórmulas. Además se debe tomar en cuenta de dónde se suministra el alimento. [10] señala que el suministro de alimentos es el que tiene mayor impacto; consume el 80% de la energía global de la cadena de suministro y representa el 82% de las emisiones de gases de efecto invernadero.

La pollinaza generada (aserrín usado para la cama o superficie de las casetas más el excremento y plumas), es una oportunidad para generar energía.

5. Bibliografía

- [1] Oviedo-Rondon E., "Ahorro energético en granjas avícolas", XLVII Simposio científico de avicultura, Zaragoza. 2009.
- [2] INE, Instituto de Ingeniería de la UNAM, "El Informe final del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2006". 2008.
- [3] Cederberg, C., Flysjö, A., Sonesson, U., Sund, V., Davis, J., "Greenhouse Gas Emissions from Swedish Consumption of Meat, Milk and Eggs 1990 and 2005". SIK Report 793, The Swedish Institute for Food and Biotechnology. 2009.
- [4] Wiedmann, T. and Minx, J. (2008) "A Definition of Carbon Footprint". In: C. C. Pertsova, Ecological Economics Research Trends: Chapter 1, Nova Science Publishers, Hauppauge, NY, USA. 2008. (pp. 1-11).
- [5] CONUUE, "Estudio Integral de Sistemas de Bombeo de Agua Potable Municipal". 2009. 112 pp.
- [6] Sonesson, U., Cederberg, C., Berglund M., "Greenhouse Gas Emissions in chicken production" Climate Labelling of Food, Report 2009:6. 2009.
- [7] SAGARPA, Manual de Buenas Prácticas Pecuarias en Unidades de Producción de Pollo en Engorda. SAGARPA. 2009. México. 111 pp.
- [8] FAO, "Greenhouse gas emissions from pig and chicken supply chains, A global life cycle assessment". 2013.
- [9] Nguyen, T.T.H., Bouvarel, I., Ponchant, P., Hayo, M.G. Werf, V.D., "Using environmental constraints to formulate low-impact poultry feeds". Journal of Cleaner Production. Vol. 28. 2012. (pp. 215-224)
- [10] Pelletier, N., "Environmental performance in the US broiler poultry sector: life cycle energy use and greenhouse gas, ozone depleting, acidifying and eutrophying emissions". Agricultural Systems, Vol. 98(2). 2008. (pp. 67-73).
- [11] FAO, "The state of food and agriculture 2009: Livestock in the balance", FAO, Roma 2010.
- [12] INEGI, VIII "Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007, Estados Unidos Mexicanos". 2007.
- [13] Roy, P., Orikasa, T., Thammawong, M., Nakamura, N., Xu, Q., & Shiina, T. "Life cycle of meats: an opportunity to abate the greenhouse gas emission from meat industry in Japan". Journal of environmental management, 93(1), 2012. (pp. 218-24).
- [14] Roy, P., Nei, D., Orikasa, T., Xu, Q., Okadome, H., Nakamura, N., Shiina, T., "A review of life cycle assessment (LCA) on some food products". Journal of Food Engineering. Vol. 90, 1e10. Sangnak, V., Nalumpang, S., 2010.
- [15] Thynelius, G. "El cambio climático y la mejora de la alimentación. Estudio de caso Kronfågel en la producción de aves de engorde de engorde". Departamento de Ciencia y Sociedad, Medio Ambiente y Sistemas de Energía, Universidad de Lund, Lund Suecia. 2008.
- [16] Valmison P. S. J., S. R. Soarez y R. A. F. de Alvarenga. "Brazilian poultry: a study of production and supply chains for the accomplishment of a LCA study". 6^a Conferencia Internacional sobre la Evaluación del Ciclo de Vida en el Sector Agroalimentario. 2008.

Efecto de los lodos residuales en la actividad enzimática en dos suelos agrícolas

¹Nancy Judith Serrano García, ²Rocío Vaca, ²Jorge Lugo, ²Pedro Del Águila.

¹Estudiante de posgrado de la Universidad Autónoma del Baja California. ² Profesor Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México. E-mail: njsg77@gmail.com

Resumen

La medición de la actividad enzimática en suelos es considerado un indicador de su calidad, los metales pesados (MP) se ha visto que inhiben la actividad enzimática y por lo tanto modifican su calidad. Se realizó un experimento con diferentes dosis de vermicomposta en tres tiempos de incubación, para evaluar la actividad enzimática y metales pesados en un Feozem y un Andosol del valle de Toluca. La vermicomposta se hizo con 3 kg de residuo orgánico (RO), 1 Kg de suelo, y 648g de LR y lombrices. Se agregó a los suelos; 0 Mg/ha (control, T₀), 18 Mg/ha (dosis baja, T₁₈) y 36 Mg/ha (dosis alta, T₃₆) de vermicomposta, se incubaron a 15, 30 y 45 días. Se determinó, catalasa, β-Glucosidasa, Ureasa, Fosfatasa y Deshidrogenasa; así como los metales, Cu, Cd, Zn, Ni y Pb totales (MT) y disponibles (MD). Se aplicó MANOVA y Tukey con un nivel de confianza del 95%. En el Feozem, Catalasa y Ureasa presentaron diferencias, mientras que Fosfatasa, Glucosidasa y Deshidrogenasa no tuvieron. El andosol presentó diferencias, Fosfatasa, Catalasa, Ureasa y Glucosidasa; Deshidrogenasa no hubo diferencias. En cuanto a los MT el Feozem no presentaron diferencias Pb, Cu y Cd, solo Zn y Ni; para los MD, Cu, Zn y Pb presentaron diferencias, mientras Cd y Ni no presentaron. Para el andosol, los MT, Cu y Zn fueron diferentes y Cd, Ni y Pb, no hubo diferencias; para MD no se determinaron; tanto MT y MD no rebasan los límites máximos permisibles.

Palabras clave: enzima, metales pesados, reciclamiento, residuos sólidos urbanos, vermicomposta.

1. Introducción

Un de las características de las sociedades modernas es su capacidad para producir desechos. La mayoría de las actividades humanas generan residuos los cuales causan serios problemas de contaminación desde un punto de vista económico [1]. Dentro de estos desechos se encuentran los lodos residuales, que constituyen una fuente de materia orgánica alternativa a otros insumos orgánicos utilizados tradicionalmente como abonos [2]. Una alternativa de manejo de estos residuos es el proceso de composteo, los residuos orgánicos son reciclados en productos estabilizados que pueden ser aplicados al suelo como una fuente de materia orgánica (MO) relativamente seca y sin olor, la cual podría responder más segura y eficientemente a los requerimientos de fertilidad orgánica del suelo que la incorporación de materiales frescos [3]. Para acelerar el proceso de recuperación del suelo, muchos productores utilizan además de las fuentes frescas de MO, la elaboración y aplicación de abonos orgánicos como composta y lombricomposta o vermicomposta [4]. La aplicación de estos abonos orgánicos como mejoradores de suelos es importante, pero hay que tener cuidado en mantener la calidad del suelo, a través de indicadores de calidad basados en las

propiedades bioquímicas, ya que esto servirá para comparar el estado de un suelo presuntamente degradado [5]. El vermicomposteo es una tecnología fácil de aplicar y no causa impacto en la economía ni daña a los ecosistemas como lo hace la aplicación de fertilizantes. El proceso del vermicomposteo permite la descomposición por bioxidación y estabilización de los desechos orgánicos, promueve la actividad microbiana, reduce los compuestos contaminantes, incluyendo los residuos animales y lodos residuales. La vermicomposta contiene enzimas como las proteasa, amilasas, lipasas, celulosas y cintasas [6]. Por otro lado, la actividad enzimática puede ser usada ampliamente como un índice de fertilidad del suelo o el estado de los ecosistemas ya que están relacionadas con las transformaciones biológicas dentro y fuera de los componentes del suelo [2]. Las enzimas son proteínas cuyo papel es catalizar las reacciones químicas en los sistemas vivos, actúan sobre sustratos específicos transformándolos en productos necesarios para los ciclos biológicos. Los organismos y las plantas liberan enzimas al suelo por secreción y por lisis celular después de su muerte; un bajo porcentaje de estas proteínas quedan inmovilizadas y estabilizadas en interacción con los diferentes componentes de la fase sólida del suelo, como las arcillas, moléculas orgánicas y complejos organominerales [5]. El presente trabajo es una evaluación de dos suelos Feozem y Andosol, los cuales son suelos agrícolas muy laboreados, se les adicionó vermicomposta con lodo residual para ver el efecto de la vermicomposta en las propiedades bioquímicas bajo tres dosis 0, 18 y 36 Mg/ha, además para saber cuándo es más adecuado adicionar la vermicomposta al suelo como mejorador del mismo, se determinó la actividad enzimática (catalasa, ureasa, fosfatasa, deshidrogenasa y β -glucosidasa) a tres tiempos a 15, 30 y 45 días de incubación bajo condiciones controladas de laboratorio.

2. Metodología

2.1. Toma de muestra

Los suelos que se colectaron fueron, Feozem háplico (INEGI, 1996), localizado en el Municipio de Xonacatlán, Estado de México este se ubica en las coordenadas 19°24'14'' latitud norte y 99°31'45'' longitud oeste a una altitud de 2595 m. [12]. El Andosol se localiza en el Municipio de Zinacantepec, Estado de México se ubica en las coordenadas 19° 14' 35'' latitud norte y 99° 45' 36'' longitud oeste y a una altitud de 2500 m. [12]. El muestreo de los suelos se realizó en el horizonte Ap de manera aleatoria, posteriormente se conformó una muestra compuesta. El biosólido se obtuvo directamente del filtro prensa de la planta de tratamiento de aguas residuales municipales Toluca Norte, ECOSYS. El residuo orgánico (estiércol vacuno) se obtuvo de la posta de la Facultad de Veterinaria y Zootecnia, UAEMex. Tomando una muestra fresca de 10 kg en peso húmedo. El lodo y el suelo se molieron y tamizaron, el residuo orgánico se secó y se trozó en pedazos pequeños. Se realizó un precomposteo para lo cual se pesaron 3 kilogramos de residuo orgánico (bovino), más un 1 kilogramo de suelo (cambisol), y se agregó 648g de lodo residual que corresponden a 36 Mg/ha (T_{36}) [6]. Se mezclaron los materiales y se le adicionó agua. Se dejó reposar por 15 días, moviéndolo para permitir la entrada de oxígeno y agregando más agua para mantener la humedad al 80%. Una vez transcurrido los 15 días de precomposteo, se adicionaron 15 lombrices de la especie *Eisenia fetida* en tres recipientes (área de 19 x 11 cm) y además se adicionó 500 g de residuo animal (en húmedo), se midió la temperatura y se dejó la vermicomposta por un periodo de 65 días, monitoreando en este periodo cada tercer día la humedad (80%) y la temperatura de 20°C para asegurar condiciones óptimas para el desarrollo de la lombriz. Bajo un diseño preferencial.

2.2. Diseño del experimento

Para evaluar los parámetros bioquímicos se le agregó a cada uno de los suelos la proporción de 0 Mg/ha (control, T_0), 18 Mg/ha (dosis baja, T_{18}) y 36 Mg/ha (dosis alta, T_{36}) de vermicomposta, las cuales se incubaron a los 15, 30 y 45 días, bajo un diseño de bloques aleatorios. Para la incubación, se agregaron 750 g de suelo para el testigo, 750 g de suelo + 13.5 g de vermicomposta para 18 Mg/ha y 750 g de suelo + 27 g de vermicomposta para el de 36 Mg/ha.

2.3. Análisis de laboratorio químicos y bioquímicos en suelo acondicionado con vermicomposta.

Se determinaron las siguientes actividades enzimáticas: Catalasa por el método Jhonson y Temple (1964) y medida del H_2O_2 residual mediante permanganometría. β -glucosidasa según el método Tabatai (1982). Ureasa por el método propuesto por Tabatai y Bremen, (1972) citados en Tabatai (1994). Fosfatasa ácida según Tabatai and Bremmer, (1970) citado en Nanipieri y Alef, (1995). Deshidrogenasa por el método de Von Mersi y Schinner (1991) modificado por Camiña *et al.* (1998) citado en García *et al.* (2003). Además se determinaron los metales pesados totales por absorción atómica (Cu, Cd, Zn, Ni y Pb) en una digestión ácida ($HNO_3 + HCl$ en una relación 4:1) de la muestra, empleando el horno de microondas Mars 5 a través del método EPA 3050B y la determinación de los metales se realizó en un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer 3110. Para los metales disponibles se realizó una extracción con DTPA según la NOM-021-RECNAT-2000.

2.4. Análisis estadístico

A los resultados obtenidos se les aplicó un análisis de multivariado de varianza (MANOVA) y una prueba de Tukey para ver diferencias entre los tratamientos, con un 95% de confianza, con el paquete estadístico, STATGRAPHICS PLUS Versión 5.0 (Statiscal Graphics Corporation, 2000).

3. Resultados y discusión

3.1. Comportamiento de las enzimas con respecto al periodo de incubación y dosis de vermicomposta

La enzima catalasa, ureasa, fosfatasa, y glucosidasa tuvieron diferencias significativas (Cuadro 1, $p < 0.05$) y presentaron el siguiente orden ascendente de actividad: catalasa > glucosidasa > fosfatasa > deshidrogenasa > ureasa. Con respecto al periodo de incubación, la enzima catalasa y la ureasa presentaron la mayor actividad a los 45 días mientras que la fosfatasa, glucosidasa y deshidrogenasa a los 30 días de incubación para el Feozem (Cuadro 2). En cuanto al Andosol solo se presentaron diferencias significativas en catalasa y glucosidasa (Cuadro 3). Con respecto al periodo de incubación, la enzima catalasa y fosfatasa a los 30 días presentaron mayor actividad, la ureasa a los 45 días mientras que la glucosidasa y deshidrogenasa a los 15 días de incubación para el Andosol (Cuadro 4). La catalasa es la enzima que se le considera como un indicador de la actividad microbiana aeróbica ya que interviene en la respiración microbiana y se le relaciona con la biomasa microbiana en el suelo y en la fertilidad del mismo [7]. La materia orgánica estabilizada, que se nota a lo largo del tiempo de incubación, incrementa la actividad de las enzimas en el suelo, las cuales ayudan a incrementar la fertilidad del mismo [8]. Por otra parte el LR incrementaba la actividad microbiana del suelo, respiración del suelo y las actividades enzimáticas [9].

Tabla 1. Análisis MANOVA de las características bioquímicas de los diferentes tratamientos del suelo Feozem.

Factor	Catalasa	Ureasa	Fosfatasa	Deshidrogenasa	β D-Glucosidasa
Tratamiento	230.89***	128.51***	9.79***	n.s.	18.67***

Factor	Catalasa	Ureasa	Fosfatasa	Deshidrogenasa	β D-Glucosidasa
Tratamiento	8.89**	n.s.	74.70***	n.s.	35.16***
Tiempo	55.38***	24.93***	4.49 [§]	n.s.	12.13***
Tratamiento x Tiempo	17.13***	24.78***	n.s.	n.s.	8.20***
Tiempo	172.15***	184.53***	n.s.	n.s.	n.s.
Tratamiento x Tiempo	162.85***	220.20***	n.s.	n.s.	n.s.

§, *, **, y *** son significativas a $P < 0.10$, 0.05 , 0.01 y 0.001 , respectivamente n.s. significa valor no fue significativo a $P < 0.10$.

Tabla 2. Actividad enzimática de los diferentes tratamientos del suelo Feozem

Tiempo	Tratamiento	Catalasa	Ureasa	Fosfatasa	Deshidrogenasa	β D-Glucosidasa
Días	t ha ⁻¹	moles H ₂ O ₂ consumidos g ⁻¹ h ⁻¹	μ moles NH ₄ ⁺ g ⁻¹ h ⁻¹		μ moles de pNP g ⁻¹ h ⁻¹	
15	0	1.92 ^d	0.0007 ^b	0.037 ^a	0.001 ^a	0.067 ^{abc}
	18	2.12 ^{cd}	0.0051 ^{bcd}	0.036 ^a	0.024 ^a	0.069 ^{ab}
	36	2.29 ^{bc}	0.00061 ^{bc}	0.005 ^a	0.032 ^a	0.038 ^{abc}
30	0	2.15 ^{cd}	0.00068 ^{bc}	0.079 ^a	0.063 ^a	0.061 ^{abc}
	18	2.14 ^{cd}	0.00048 ^{cd}	0.101 ^a	0.058 ^a	0.071 ^a
	36	2.28 ^{bc}	0.00042 ^{cd}	0.110 ^a	0.084 ^a	0.074 ^a
45	0	2.06 ^{cd}	0.0005 ^{bcd}	0.069 ^a	0.005 ^a	0.029 ^c
	18	4.43 ^a	0.0003 ^d	0.030 ^a	0.079 ^a	0.029 ^c
	36	2.53 ^b	0.0028 ^a	0.044 ^a	0.059 ^a	0.033 ^{bc}

Media \pm desviación estandar. Letras diferentes en la misma columna, indican diferencias estadísticamente significativas en la interacción tiempos X tratamientos (MANOVA; prueba de Tukey, $P < 0.05$).

Tabla 3. Análisis de MANOVA de las características bioquímicas de los diferentes tratamientos del suelo Andosol.

§, *, **, y *** son significativas a $P < 0.10$, 0.05 , 0.01 y 0.001 , respectivamente n.s. significa valor no fue significativo a $P < 0.10$.

Tabla 4. Actividad enzimática de los diferentes tratamientos del suelo Andosol

Tiempo	Tratamiento	Catalasa	Ureasa	Fosfatasa	Deshidrogenasa	β D-Glucosidasa
días	t ha ⁻¹	moles H ₂ O ₂ consumidos g ⁻¹ h ⁻¹	μ moles NH ₄ ⁺ g ⁻¹ h ⁻¹		μ moles de pNP g ⁻¹ h ⁻¹	
15	0	0.36 ^d	0.002 ^{ab}	0.027 ^{bc}	0.023 ^a	0.081 ^a
	18	0.58 ^{ab}	0.005 ^{ab}	0.025 ^{bc}	0.024 ^a	0.073 ^a
	36	0.24 ^{cd}	0.003 ^{cd}	0.039 ^b	0.024 ^a	0.092 ^a
30	0	0.14 ^d	0.004 ^{bc}	0.064 ^a	0.021 ^a	0.078 ^a
	18	0.58 ^a	0.003 ^{cd}	0.062 ^a	0.088 ^a	0.071 ^a
	36	0.24 ^{cd}	0.003 ^d	0.065 ^a	0.017 ^a	0.078 ^a
45	0	0.58 ^{ab}	0.005 ^{ab}	0.017 ^c	0.011 ^a	0.078 ^a
	18	0.51 ^{ab}	0.003 ^{cd}	0.027 ^{bc}	0.012 ^a	0.033 ^b
	36	0.24 ^{cd}	0.006 ^a	0.033 ^{bc}	0.059 ^a	0.041 ^b

Media \pm desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna, indican diferencias estadísticamente significativas en la interacción tiempos X tratamientos (MANOVA; prueba de Tukey, $P < 0.05$).

3.2 Comportamiento de los metales totales y disponibles con respecto al periodo de incubación y dosis de vermicomposta

Con respecto al contenido de los metales totales para el Feozem, el orden creciente de estos fue: Zn>Pb>Cu>Ni>Cd y en cuanto a su contenido no rebasaron la norma mexicana. Con respecto al Feozem, el Zn en el tratamiento que mayor contenido presentó fue T₁₈ con respecto a T₀ y T₃₆. El Pb tuvo un efecto bioremediador en T₁₈ y T₃₆ porque disminuyó al periodo de incubación de 45 días, y su mayor contenido se encontró en T₁₈ (Figura 1). Para el Andosol el orden creciente de estos fue: Zn>Pb>Ni>Cu>Cd y en cuanto a su contenido no rebasaron la norma mexicana. Con respecto al Andosol, el Zn en el tratamiento que mayor contenido presentó fue T₃₆ con respecto a T₀ y T₁₈. El Pb no tuvo un efecto bioremediador en T₁₈ y T₃₆ porque aumento al periodo de incubación de 30 y 45 días, y su mayor contenido se encontró en T₁₈ (Figura 1). El Zn se encuentra soluble a pH neutros y ácidos y forma iones complejos con aniones inorgánicos y es adsorbido por arcillas, óxidos hidratados y MO, también permanece en el suelo formando compuestos insolubles [10].

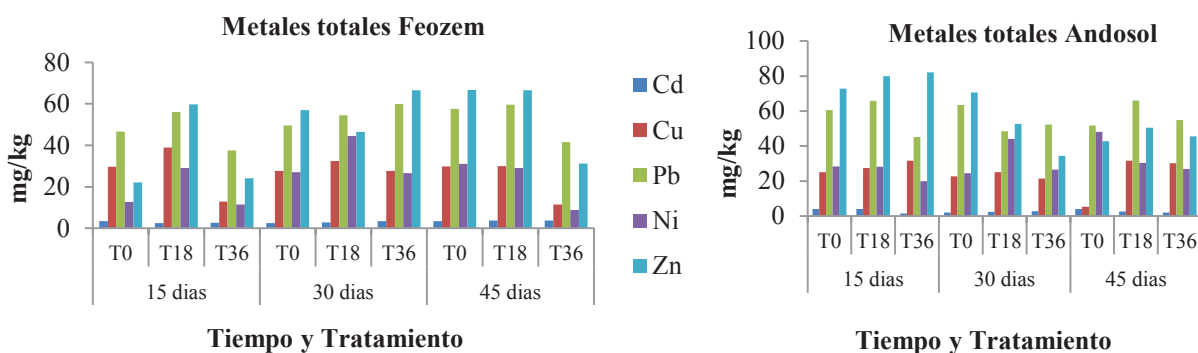


Figura 1. Metales totales para el suelo Feozem y Andosol con vermicomposta de todos los tratamientos y tiempos de incubación.

Los metales disponibles presentaron el siguiente orden creciente: Cd>Pb>Zn>Cu>Ni. Para el Cd el tratamiento T₁₈ fue el que mayor contenido presentó con respecto a T₀ y T₃₆; le siguió Pb y el resto de los metales (Figura 2). El Cd al igual que el Cu, tiene la tendencia de formar complejos con la MO y se disuelve en agua, por lo que puede llegar a los acuíferos [11].

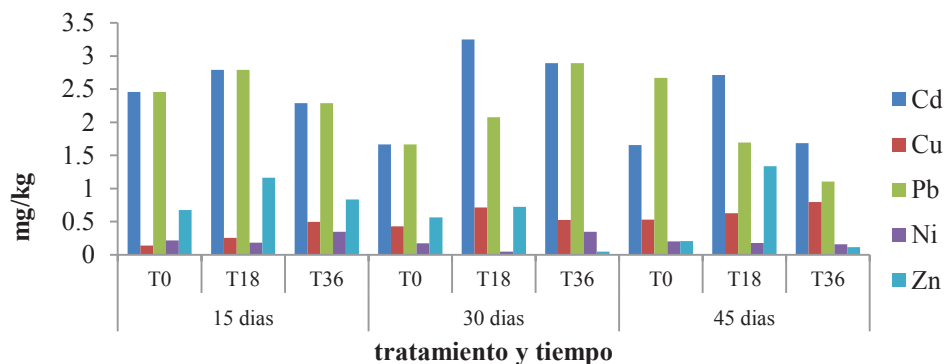


Figura 2. Metales disponibles para el suelo Feozem con vermicomposta de todos los tratamientos y tiempos de incubación.

4. Conclusiones

La catalasa y ureasa fueron las que presentaron mayor actividad tanto en el tiempo como en el tratamiento para ambos suelos. A mayor tiempo de incubación (45 días) y mayor adición de vermicomposta (36 Mg/ha) aumento la actividad enzimática para el Feozem. Para el Andosol a los 18 Mg/ha y 45 días fue donde se presentó mayor actividad enzimática.

Los metales pesados tanto totales como disponibles no rebasan los límites máximos permisibles por tanto se puede inferir que no inhibieron la actividad de las enzimas.

Referencias Bibliográficas

- [1] Vargas-García, C.M., Suárez-Estrella, F., Lopez, M.J. Moreno, J. Microbial population dynamics and enzyme activities in composting processes with different starting Materials. Waste Management. 30. Pp 771-778. 2010.
- [2] Aira, M., Fernando, M., Dominguez, J. Earthworms strongly modify microbial biomass and activity triggering enzymatic during vermicomposting independently of the application rates of pig slurry. Science of the Total Environment. 385. pp 252-261. 2007.
- [3] Atiyeh, R. M. Subler, S., Edwards, C. A., Bachman, G., Metzger, J. D., and Shuster, W. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. Pedobiologia. 44: 579-590. 2000.
- [4] Soto, G., y Muñoz, Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost y su empleo en la agricultura orgánica. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica). (65):123-129. 2002.
- [5] García, I. C., Gil-Stores, F., Hernandez, F. T. y Trasar-Cepeda, C. Técnicas de análisis de parámetros bioquímicos en suelos: medida de la actividad enzimática y biomasa microbiana. 2003. Mundi-Prensa. Barcelona, España. 370 p.
- [6] Sharma, S., Pradhan, K., Satya, S. y Vasudevan, P. Potentiality of Earthworms for Waste Management and in Other Uses. Journal of American Science. 1(1):4-16]. 2005.
- [7] Trasar, C., Camina, F., Leiros, M. C. and Gil, F. An improved method to measure catalase activity in soils. Soil Biol. Biochem. 31:483-485.1999.
- [8] Benitez E. Melgar R. Sainz H. Gomez M. and Nogales R. Enzyme activities in the rizosphere of pepper (Capsicum annum, L.) grown with olive cake mulches. Soil Biology & Biochemistry. 32:1829-1835. 2000.

- [9] Kilsilkaya R., Bayrakli B. Effects of N- enriched sewage sludge on soil enzyme activities. *Appl. Soil Ecol.* 30 (3): 192-202. 2005.
- [10] Volke, S.T., Velasco, T.J.A., de la Rosa, P.D.A. Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación. 2005. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. D.F., México. 141 p.
- [11] Pereira, M., Azura, M.A. Vermicompost as a natural absorbent material: Characterization and potentialities for cadmium adsorption. *Chem. Soc.* 1:39-47. 2003.
- [12] INEGI. 2003. Anuarios de estadística por entidad federativa. Gobierno del Estado de México.

Estudio de las interacciones entre residuos plásticos y sistemas acuáticos

Juan Carlos Alvarez Zeferino, Ricardo Israel Flores Mondragón, Mariel Anel García Rivera, Margarita Beltrán Villavicencio, Rosa María Espinosa Valdemar, Maribel Velasco Pérez, Alethia Vázquez Morillas

Universidad Autónoma Metropolitana - Azcapotzalco. Av. San Pablo. No. 180. Col. Reynosa-Tamaulipas. C.P. 02200, Distrito Federal, México. Tel: 53189075 jucaf@correo.azc.uam.mx

Resumen

Uno de los retos ambientales mundialmente reconocido es la reducción de los residuos plásticos, ya que su acumulación afecta distintos ambientes terrestres y marinos. La disposición inadecuada de ellos y su baja degradabilidad han propiciado el desarrollo de diversos materiales que tengan menor permanencia en el ambiente, con el fin de reducir su impacto en los ecosistemas naturales. En este trabajo se evaluó la degradación de dos tipos de películas plásticas, polietileno de baja densidad (PEBD) y plástico biodegradable Ecovio®, en un ambiente marino natural y un sistema hidropónico con tres calidades de agua: potable, residual y tratada. Se realizaron inspecciones visuales y se midió la elongación a la ruptura al inicio y al final del experimento para determinar el porcentaje de reducción de las propiedades mecánicas, provocada por la degradación de los materiales. En las cuatro calidades de agua, la degradación del plástico Ecovio® es tan avanzada que las películas plásticas no pudieron someterse a ningún análisis mecánico a los 30 días. Para el PEBD, el porcentaje de elongación a los 30 días presentó diferencias estadísticamente significativas: 309.93% en agua potable, 274.06% en agua tratada, 266.59% en agua residual y 208.05% en agua marina. Esta conducta es atribuida a los distintos constituyentes de cada plástico; el PEBD se degradó más en agua residual y tratada, que podrían presentar mayores cargas microbianas y agentes oxidantes residuales, respectivamente. Estos resultados permiten estimar el comportamiento de estos materiales en los ambientes naturales.

Palabras Clave: *degradación, agua residual, hidroponia, ambientes marinos.*

1. Introducción

En los últimos 30 años, el uso de los plásticos se ha incrementado rápidamente debido a que sus características los hacen aptos para fabricar un amplio rango de productos. Los residuos plásticos tienden a dispersarse con facilidad y, gracias a su estabilidad química y a su baja biodegradabilidad, pueden permanecer en ambientes terrestres y marinos por un tiempo indeterminado [1] – [3]. La disposición inadecuada de estos residuos propicia que viajen a los alcantarillados, se acumulen en las líneas de drenaje y terminen dispuestos en ambientes marinos naturales. La interacción de los residuos sólidos con esta cadena de sistemas acuáticos trae consigo diversas problemáticas como impactos en la salud humana, la economía, el turismo, la estética natural de playas y alteraciones en la vida marina que han ocasionado desequilibrios importantes en estos ecosistemas [4] – [8]. Por esta razón, en materia de plásticos, se han desarrollado nuevas alternativas para que estos materiales permanezcan menor tiempo en el ambiente, tal el desarrollo de materiales biodegradables o materiales susceptibles de degradarse ya sea por fotodegradación, degradación térmica, degradación mecánica, oxidación por aditivos químicos o por todas sus combinaciones [9] – [10]. El objetivo de este trabajo fue evaluar la degradación de dos diferentes películas plásticas comerciales, uno de

polietileno de baja densidad convencional y uno del tipo biodegradable Ecovio[®], en 4 diferentes calidades de agua: salada (en un ambiente marino natural), potable, residual y tratada (en un sistema hidropónico simulado en laboratorio). La degradación de los plásticos se determinó a través del porcentaje de elongación a la ruptura.

2. Desarrollo experimental

Se estudió la degradación de películas plásticas de polietileno de baja densidad (PEBD) y de plástico biodegradable Ecovio[®], producido por BASF, durante 30 días en un sistema hidropónico y en un ambiente marino natural. Se evaluó el porcentaje de elongación a la ruptura, indicativo de la resistencia de los materiales, de probetas rectangulares al inicio y al final del experimento mediante ensayos de tensión [11]. Se llevaron a cabo pruebas preliminares para determinar las dimensiones de las probetas (tiras plásticas) para la correcta medición del porcentaje de elongación, estas pruebas consisten en fijar parámetros como longitud entre mordazas y velocidad en una Máquina Universal de Ensayos. La experimentación se realizó en periodos diferentes y no simultáneamente, por lo que para el ambiente marino se emplearon probetas de 1 x 12 cm, una vez concluida esta etapa experimental se volvieron a realizar las pruebas preliminares para el sistema hidropónico y se determinó usar probetas de 1.5 x 12 cm, las cuales resultaron ligeramente diferentes comparativamente con las del otro sistema, sin embargo, los resultados se analizan en función de la reducción de este porcentaje. Los ensayos se efectuaron en una máquina universal de ensayos marca Lloyd Instruments a 500 mm/min y 50 mm de longitud inicial. Finalmente, se realizó un análisis de varianza para cada tratamiento por separado para determinar si las propiedades mecánicas de las películas plásticas presentan diferencias significativas respecto de su estado inicial.

2.1. Sistema hidropónico

Se colocaron tres unidades experimentales un sistema hidropónico de tipo Raft. Cada unidad experimental consiste en una plántula de lechuga *Lactuca sativa* sobre un sustrato de películas plásticas y hule espuma –a excepción del testigo sin plástico–, con 10 réplicas cada uno (ver Figura 1). El sistema hidropónico se trabajó por separado con tres calidades de agua proporcionadas por la Planta Piloto de Tratamiento de Aguas Residuales de la UAM Azcapotzalco: agua potable con nutrientes, agua tratada y agua residual. En la Tabla 1 se enlistan los parámetros característicos de cada tipo de agua. Esta técnica se llevó a cabo en el invernadero del área de Tecnologías Sustentables en la UAM-Azcapotzalco. La temperatura del invernadero fluctuó cerca de los 20 °C y la humedad relativa, cerca del 50%.

Tabla 1. Parámetros característicos de los tres tipos de agua empleados en el sistema hidropónico

Parámetro	Tipo de agua		
	Potable	Tratada	Residual
pH	6.89	7.13	8.39
Turbiedad (NTU)	3.33	29.33	278.66
DQO (mg/L)	0.00	136.33	662.33
Color (Pt-Co)	0.00	197.66	364.33
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	3.33	20.33	195.66
Conductividad eléctrica (µS/cm)	939.33	1699.00	1950.333

2.2. Ambiente marino

La exposición en el ambiente marino natural se realizó en la playa *La entrega* en Oaxaca, México, la cual se caracteriza por las comunidades de arrecifes que la integran. Se construyeron dos unidades experimentales con un marco de PVC y maya rígida perforada; en cada una se colocaron 50 muestras de plástico. Las unidades experimentales se colocaron a 1 m de profundidad de la superficie y fueron ancladas desde el fondo marino (ver Figura 1).

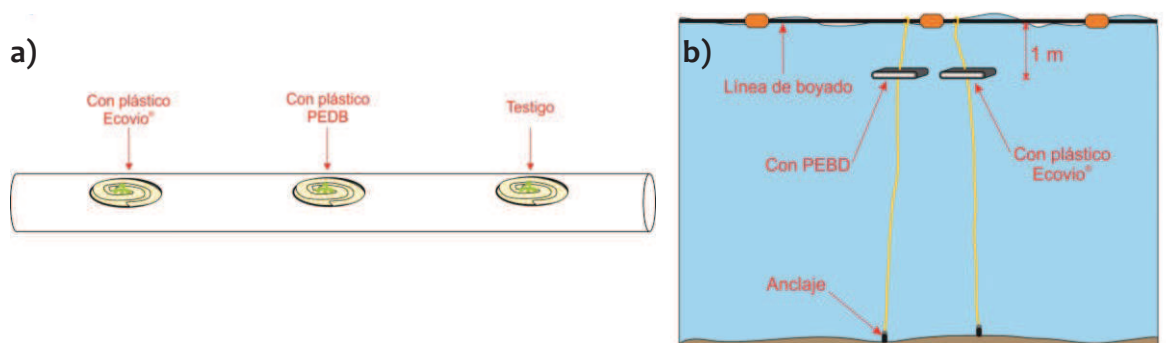


Figura 1. Diagrama de montaje de las unidades experimentales: a) sistema hidropónico, b) ambiente marino

3. Resultados y discusión

Ambiente marino. Al término de los 30 días, las probetas de cada unidad experimental se evaluaron para determinar el porcentaje de elongación. El plástico Ecovio® alcanzó una degradación tan avanzada que las probetas se recuperaron en trozos demasiado deteriorados para su evaluación en la máquina universal (ver Figura 2). Por lo tanto, sólo fue posible evaluar el porcentaje de elongación final y realizar el análisis estadístico en las probetas de PEBD.



Figura 2. Ecovio® después de 30 días: a) sistema hidropónico (rasgaduras y deformaciones), b) ambiente marino (crecimiento de colonias)

Sistema hidropónico. Para el caso del PEBD, el análisis de varianza demuestra que existe una diferencia significativa entre las mediciones inicial y final de las probetas en los diferentes sistemas: con agua potable, agua residual y agua tratada proveniente de la planta piloto de tratamiento de agua residual de la UAM-A, con un nivel de confianza $\alpha = 0.05$. En la Tabla 2, se reportan los porcentajes de elongación para este sistema, el análisis de varianza reporta que no existe una diferencia significativa entre las tres calidades de agua evaluadas aquí y los agrupa en un solo subconjunto.

En la Figura 3 se muestran los diagramas de cajas para el sistema hidropónico y marino respectivamente. Gráficamente, no se distingue una diferencia importante entre los efectos de la calidad de agua en ambos sistemas, pero sí son sustancialmente distintos al estado inicial.

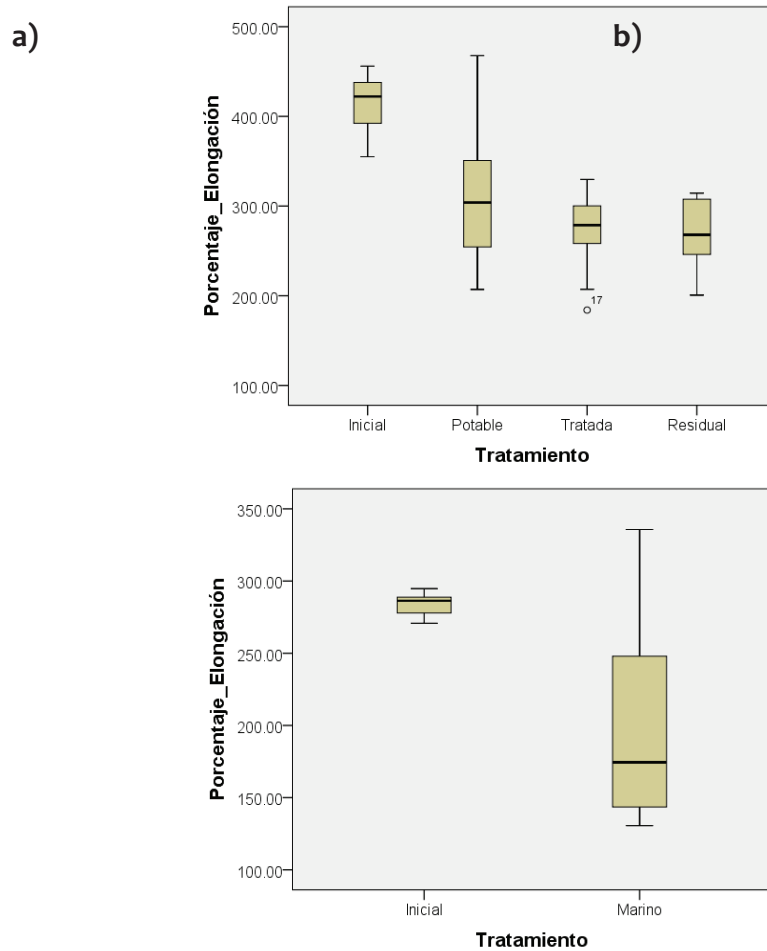


Figura. 3. Diagrama de cajas: a) sistema hidropónico, b) ambiente marino

Tabla 2. Comparación del porcentaje de elongación inicial y final después del tratamiento en el sistema hidropónico.

Tipo de plástico	Tratamiento	% Elongación		Subconjuntos ¹	
		Valor medio	Desviación típica	1	2
PEBD	Inicial	415.32	28.70	X	
	Final en agua potable	309.93	75.80		X
	Final en agua tratada	274.06	35.57		X
	Final en agua residual	266.59	39.04		X
Ecovio®	Inicial	613.81	45.70	NA	
	Final en agua potable	-	-		
	Final en agua tratada	-	-		
	Final en agua residual	-	-		
PEBD	Inicial	283.05	7.72	Presenta diferencia entre varianzas ²	
	Final en agua marina	208.67	78.37		
Ecovio®	Inicial	692.45	8.95	NA	
	Final en agua marina	-	-		

¹ Subconjuntos homogéneos por el método HSD de Tukey y de Scheffé para un nivel de confianza de 0.05.

² Según valores estadísticos de Levene y Welch para un nivel de confianza de 0.05.

Los tratamientos en agua potable y agua marina son los que presentan mayor desviación estándar en los ensayos de tensión. Las probetas tratadas en agua tratada y residual presentan una menor desviación estándar. Sin embargo, para poder comparar puntualmente los dos experimentos, es indispensable que los ensayos de tensión se efectúen bajo las mismas condiciones.

4. Conclusiones

De los dos plásticos evaluados en las 4 calidades de agua, se puede decir que el plástico Ecovio® tuvo una degradación más avanzada que el PEBD en el mismo tiempo de exposición en todos los casos. Esta conducta es atribuida a los distintos constituyentes de cada plástico.

Respecto al PEBD los resultados muestran una ligera disminución promedio en la resistencia, sin embargo debido a la desviación de los ensayos, prácticamente hubo probetas que no sufrieron ningún cambio. En los casos del agua tratada y agua residual, existió una menor desviación y el cambio en la resistencia puede ser atribuida a los agentes oxidantes residuales presentes en los dos tipos de agua, los cuales afectan a la estructura química del material, volviéndolo menos resistente pero no significativamente.

Los resultados de estos experimentos son evidencias que demuestran la degradación de los dos tipos de plástico en los sistemas acuáticos presentes en el entorno y permiten estimar el comportamiento de estos materiales en los ambientes naturales.

Agradecimientos

Agradecemos a la empresa BASF por su colaboración al proporcionarnos muestras de plástico para el desarrollo de este trabajo.

Referencias Bibliográficas

- [1] Derraik J. G. B., “The pollution of the marine environment by plastic debris: a review”. *Marine Pollution Bulletin*. Vol. 44(9). 2002. 842-852.
- [2] Laws, E. A. *Aquatic pollution: an introductory text*. 3era ed. 2000. Wiley. EUA. 641.
- [3] O’Brine T., Thompson C., “Degradation of plastic carrier bags in the marine environment”. *Marine Pollution Bulletin*. Vol. 60(12). 2010. 2279-2283.
- [4] Verlis K. M., Campbell M. L., Wilson S. P., “Ingestion of marine debris plastic by the wedge-tailed shearwater *Ardenna pacifica* in the Great Barrier Reef, Australia”. *Marine Pollution Bulletin*. In press, corrected proof. 2013.
- [5] Barnes D. K. A., Walters A., Gonçalves L., “Macroplastics at sea around Antarctica”. *Marine Pollution Bulletin*. Vol. 70(2). 2010. 250-252.
- [6] Doyle M. J., Watson W., Bowlin N. M., Sheavly S. B., “Plastic particles in coastal pelagic ecosystems of the Northeast Pacific ocean”. *Marine Environmental Research*. Vol. 71(1). 2011. 41-52.
- [7] Topçu E. N., Tonay A. M., Dede A., Öztürk A. A., Öztürk B., “Origin and abundance of marine litter along sandy beaches of the Turkish Western Black Sea Coast”. *Marine Environmental Research*. Vol. 85(0). 2013. 21-28.
- [8] Hidalgo-Ruz V., Thiel M., “Distribution and abundance of small plastic debris on beaches in the SE Pacific (Chile): A study supported by a citizen science Project”. *Marine Environmental Research*. Vol. 87-88(0). 2013. 12-18.
- [9] Zheng Y., Yanful E. K., Bassi A. S., “A review of plastic waste biodegradation”. *Critical Reviews in Biotechnology*. Vol. 25(4). 2005. 243-250.
- [10] Shah A. A., Hasan F., Hameed A., Ahmed S., “Biological degradation of plastics: A comprehensive review”. *Biotechnology Advances*. Vol. 26(3). 2008. 246-265.
- [11] ASTM D 882 -10. Tensile Testing Of Thin Plastic Sheetting.

La Campaña Intermunicipal de Acopio y Tratamiento de los Residuos Eléctricos y Electrónicos en Jalisco 2013

¹María Olivia Peña Ortiz, ²Sofía Chávez Arce, ³Gerardo Bernache Pérez, ⁴José Antonio Guevara García

¹ Universidad de Guadalajara CUCEI, Departamento de Química, Blvd. Marcelino García Barragán No. 1421, Tel. +52 (33) 1378 5900 e-mail olivia.portiz@red.cucei.udg.mx, ²Proyecto Ecovia Vías Verdes, A.C., ³CIESAS Occidente, ⁴Laboratorio de Investigación en Bioinorgánica y Biotecnología. Universidad Autónoma de Tlaxcala.

Resumen

Este trabajo presenta los resultados de la 3ra Campaña Intermunicipal de Acopio y Reciclaje de Residuos Eléctricos y Electrónicos (REE) en el estado de Jalisco. Esta campaña tuvo como finalidad el recolectar los residuos electrónicos, eléctricos, pilas, aparatos electrodomésticos y focos fluorescentes. En mayo de 2012 se lanzó una Convocatoria por parte de la Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable que se le hizo llegar a los 125 municipios del estado de Jalisco.

Finalmente participaron 46 municipios en la 3ra Campaña que se desarrolló durante el mes de febrero 2013 y se obtuvieron resultados importantes, ya que se recolectaron 110.6 toneladas de REE, además de 6.3 toneladas de pilas.

Con esta campaña se logra dar continuidad a los esfuerzos de autoridades estatales, municipales y organizaciones ambientalistas para evitar que residuos especiales que contienen componentes peligrosos (entre otros: cadmio, plomo, cromo, mercurio, plásticos con tratamientos de retardantes de fuego y antiestáticos) sean depositados en rellenos sanitarios y ocasionen problemas de contaminación ambiental regional.

En este trabajo se estiman las cantidades de sustancias y metales tóxicos que fueron recuperados y se calcula la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, para cuantificar el impacto positivo en el medio ambiente de esta 3ra Campaña.

Palabras Clave: *Acopio, campaña intermunicipal, participación social, residuos manejo especial*

1. Introducción

La innovación tecnológica propicia la sustitución de equipos o instrumentos electrónicos y con ello aumenta el volumen de la generación de este tipo de desechos. Los materiales y sustancias tóxicas que contienen estos desechos se pueden mencionar, entre otros: cadmio, plomo, cromo, mercurio, plásticos con tratamientos de retardantes de fuego y antiestáticos, que cuando éstos sean depositados en rellenos sanitarios o incinerados en condiciones inadecuadas pueden llegar a formar otras sustancias tóxicas para la salud de las personas y para el medio ambiente, tal es el caso de las dioxinas y furanos [1], [2].

En el estado de Jalisco, México, no se cuenta en la actualidad con un diagnóstico integral en el cual se den a conocer de manera concreta los costos beneficios del reciclaje, tanto ambientales como económicos y tecnológicos, sin embargo, cabe señalar que la legislación en materia de residuos considera imprescindible impulsar la valorización y separación de los residuos en su fracción orgánica e inorgánica [3],[4] para que sean considerados por el mercado como económicamente

viable su recuperación y transformación, fomentando su comercialización y reciclaje mediante el impulso de cadenas de acopio–reciclaje (municipales, intermunicipales, sociales o privadas) a través del diseño y promoción de una red de aprovechamiento de residuos bajo esquemas conocido como simbiosis industrial [5].

El objetivo de realizar esta campaña intermunicipal de acopio fue recolectar los residuos electrónicos, eléctricos, pilas, aparatos electrodomésticos y focos fluorescentes para asegurarse que tengan un manejo seguro tanto en el desensamble de los aparatos, que permite el aprovechamiento de materiales, como en la disposición o destino final de los desechos.

2. Desarrollo

Esta Campaña fue desarrollada por el equipo de trabajo multidisciplinario, representado por instituciones educativas, organizaciones civiles y unos cuantos municipios del estado de Jalisco, el gobierno estatal a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con el objetivo de apoyar a los propios municipios para atender la problemática de los residuos peligrosos domésticos y de manejo especial. El diseño y planeación de la Campaña estuvo basado en la metodología del Marco Lógico que permite al mismo tiempo incorporar todas las necesidades y puntos de vista de los actores involucrados en el proyecto y su entorno. Las etapas consideradas en este proyecto fueron tres: Diseño, Ejecución y Evaluación.

2.1. Diseño

Los trabajos de la Campaña iniciaron en el verano del 2012 con reuniones periódicas de preparación y terminaron con la redacción del Informe Técnico en abril de 2013. Para esta tercera Campaña Intermunicipal, se acordó que la fecha de su realización fuera durante el mes de Febrero de 2013 y se propusieron de manera clara los siguientes objetivos específicos:

1. Ampliar la cobertura del evento superando la participación del número de municipios involucrados previamente.
2. Ampliar la gama de residuos a recibir e incluir línea blanca y electrodomésticos grandes. También se planeó incluir la recolección de lámparas fluorescentes con vapor de mercurio y pilas de todo tipo.
3. Abrir la campaña a la participación-concurso de todas las empresas autorizadas como recicladoras de electrónicos en el estado de Jalisco.

En esta etapa de diseño, se identificó como problema central la falta de infraestructura y capacidad que tienen los municipios para la disposición final de los residuos peligrosos domésticos y de manejo especial.

Durante la planeación se dividieron las actividades, se asignaron comisiones para atender todos los aspectos detectados y elaborar la matriz del marco lógico con el fin de tener la idea del proyecto convertido en un plan operativo práctico para la ejecución en los tiempos indicados. Las comisiones quedaron definidas para cubrir tres aspectos importantes del proyecto como son, el técnico, la comunicación y difusión y la logística. (Ver tabla 1). Se tuvieron reuniones generales de cada mes y reuniones parciales según la jerarquía de objetivos.

La Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, envió la convocatoria de invitación a participar en la Campaña a todos los 125 municipios que conforman el estado de Jalisco [6]. Los interesados enviaron a sus representantes, mismos que quedaron integrados en alguna de las comisiones para dar seguimiento a la planeación. Cabe señalar que no todos los representantes de los municipios acudieron a todas las reuniones pero se mantenían informados a través de mensajes electrónicos.

Tabla 1, Comités y sus funciones

Número	Comité	Objetivo General	Objetivos específicos
1	Técnico	Asesorar el desarrollo de la Campaña para cumplir con un manejo integral de los residuos recolectados.	Aportar información para la elaboración del material educativo (tríptico y video). Establecer criterios de selección y evaluación de la empresa recolectora de los residuos, así como para el tratamiento y disposición final de lo desechado.
2	Difusión y comunicación	Diseñar material para promocionar el evento y comunicar a la ciudadanía la forma de participar.	Diseñar el cartel de la convocatoria para promover la recolección, trípticos educativos atendiendo las recomendaciones del comité técnico y de logística. Así como también diseño de constancia de participación.
3	Logística	Coordinar personal de los municipios con personal de la empresa seleccionada para la recolección y tratamiento.	Seleccionar rutas, sedes, puntos de acopio y de reunión así como fechas y personal responsable.

2.2. Ejecución

Con anterioridad al arranque de la campaña se distribuyeron lonas educativas y un total de 12,500 folletos educativos “de Pilas a pilas” a todos los municipios participantes, material que donó en impresión la empresa seleccionada para la recolección. Se establecieron 10 rutas para el acopio masivo en diferentes días del mes de febrero de 2013. Durante la etapa de ejecución se mantuvo constante comunicación vía electrónica y telefónica.

2.3. Evaluación

Esta etapa asegura la continuidad del proyecto, sobre todo cuando el personal administrativo cambia, como fue nuestro caso, en el que hubo cambio de poderes en el ámbito nacional, estatal y municipal. En esta parte, según metodología [7], es importante hacernos las siguientes preguntas ¿Es este el proyecto correcto para atender la falta de infraestructura de los municipios en materia de residuos electrónicos, eléctricos, línea blanca, pilas y focos fluorescentes? ¿Estamos realizando correctamente el proyecto? ¿Se realizó correctamente el proyecto? Por lo que mediante una reunión general, llevada a cabo el día 19 de marzo de 2013, se plantearon estas preguntas, se revisaron los resultados y se encontraron puntos a mejorar para la 4ta. Campaña Intermunicipal siguiente.

3. Resultados y Discusiones

Con la participación efectiva de 46 municipios se logró recolectar 110.6 toneladas de REE, además de 6.3 toneladas de pilas y 372 piezas de focos fluorescentes.

Los municipios que recolectaron mayor cantidad de residuos Zapopan y Guadalajara (ver Figura 1) y también son los que tienen el mayor población, sin embargo no podemos decir que se relaciona con el número habitantes, ya que el monto recolectado puede deberse a otros factores, mayor difusión, cercanía de la sede, etc. Pihuamo fue el municipio con menor cantidad recolectada, 12 kilogramos y por tal le corresponde el número 46. (Ver tabla 2).

Entre los residuos recolectados se mencionan los siguientes: equipo electrónico y scrap, equipo de telecomunicaciones, consolas de video juegos, equipos de red, adaptadores, conexiones y extensiones, conmutadores, tarjetas electrónicas, servidores, cartuchos de tinta, periféricos, impresora, mouse, bocinas, escanner, fax, servidores, reproductores de video y de audio, teléfonos fijos, discos duros, baterías, reguladores, fuentes de poder, decodificadores, electrodomésticos pequeños, monitores, televisores, lámparas fluorescentes, pilas diversas.

Se evaluaron 6 empresas recicladoras, de las cuales sólo una de ellas fue seleccionada en base al proceso de selección establecido por el comité técnico. La empresa seleccionada para la recolección, adoptó las medidas necesarias para garantizar el cumplimiento ambiental desde la recolección, transferencia (que incluye el transporte), clasificación, almacenamiento y tratamiento de los diversos residuos recolectados.

El tratamiento de los residuos recolectados incluye, la reutilización y recuperación, reciclaje, valorización y disposición final. Los metales se recuperan por medio de procesos de fundición, los plásticos se reprocesan y aquellos que contienen retardantes de flama (plásticos, circuitos electrónicos, conectores, switches) son desfibrados, compactados a alta presión y enviados a una empresa con alta tecnología para recuperar los metales preciosos y las pantallas, baterías y pilas fueron enviadas a confinamiento controlado.

Al reciclar los metales se requiere menos energía para convertir la chatarra en materiales de alta calidad que los procesos de extracción y refinación a partir de minerales primarios, que además siempre aumentan los requerimientos debido al uso creciente de minerales de menor grado. El reciclaje de metales a menudo consiste simplemente en volver a fundir. Fundir cobre puro usando gas metano y aire crea cerca de 0.1 ton de CO₂ por ton de cobre, en comparación con alrededor de 3 ton de CO₂/ton Cu a partir de minerales [8]. El reciclaje de metales del grupo del platino y muchos metales escasos que se encuentran en los REE dan lugar a un gran ahorro de CO₂, ya que las emisiones de CO₂ en los procesos de extracción del mineral y enriquecimiento por tonelada de estos metales son muy altos.

En este trabajo se realizó el cálculo de las emisiones de CO₂ evitadas procediendo a cuantificar la cantidad de diversos metales que son recuperables de los REE [9] que se acopiaron y determinando la diferencia entre las emisiones de CO₂ de los procesos de extracción y refinación correspondientes, y las emisiones de CO₂ por reciclado de estas mismas cantidades. Tomando como base el acopio de 110.6 ton de REE, el resultado fue de 503.9 ton de CO₂ que se evita emitir a la atmósfera.

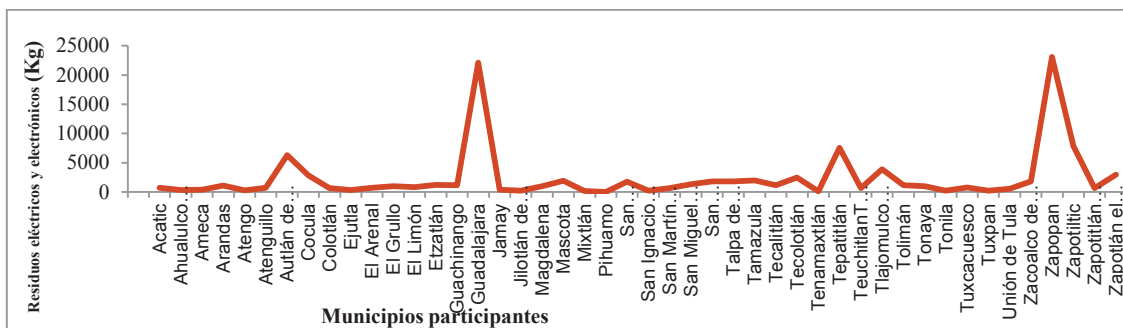


Figura. 1. Residuos eléctricos y electrónicos recolectados por Municipio durante la Campaña.

Tabla 2, Residuos Eléctricos y Electrónicos recolectados por municipio y su población

Lugar	Municipio	Volumen de residuos recolectados (Kg)	Población
1	Zapopan	24,000	1,243,756
2	Guadalajara	22,123	1,495,189
3	Tepatlán	8,000	136,123
4	Zapotiltic	7,830	29,192
5	Autlán de Navarro	6,208	57,559
6	Tlajomulco de Zúñiga	3,889	416,626
7	Zapotlán el Grande	2,960	100,534
8	Cocula	2,850	26,174
9	Tecolotlán	2,500	16,573
10	Tamazula	2,000	37,986
46	Pihuamo	12	12,119

Fuente: elaboración propia.

4. Conclusiones

Con esta campaña se logra dar continuidad a los esfuerzos de autoridades estatales, municipales y organizaciones ambientalistas para evitar que residuos especiales que contienen componentes peligrosos (entre otros: cadmio, plomo, cromo, mercurio, plásticos con tratamientos de retardantes de fuego y antiestáticos) sean depositados en rellenos sanitarios y puedan ocasionar problemas de contaminación ambiental regional y daños a la salud de las personas.

Entre los aportes que provee este proyecto, son los formatos y criterios para seleccionar a la empresa recolectora de los residuos acopiados, así como una metodología a seguir para futuras campañas de Acopio masivo.

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a todos los integrantes del Comité Estatal de Residuos Peligrosos Domésticos y de Manejo Especial, conformado como equipo de trabajo para atender una de las problemáticas identificadas en materia de residuos, en el Estado de Jalisco. El Comité está integrado por representantes de Proyecto Ecovia- Vías Verdes A.C., Remexmar-Jal, CIESAS de Occidente, la Universidad de Guadalajara, el ITESO, el Municipio de Guadalajara, Tlajomulco, Zapopan, la Junta Intermunicipal del Río Ayuquila, SEMADES, SEMARNAT, entre otros.

Referencias Bibliográficas

- [1] Román Moguel, G. 2007. *Diagnóstico sobre la generación de basura electrónica en México*. Estudio realizado por el Instituto Politécnico Nacional. Instituto Nacional de Ecología desarrollado por el CIEMAD del Instituto Politécnico Nacional, México, D.F.
- [2] Barrera Cordero J., Castro Díaz J., Galván García A., INE. Instituto Nacional de Ecología. *Retardantes de flama polibromados ¿nuevas sustancias de prioridad ambiental? (03/06/2013)*. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/438/cap4.html>
- [3] LGPGIR. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Diario Oficial, México, Octubre de 2003.
- [4] LGIREJ. Ley de Gestión Integral de Residuos del Estado de Jalisco. Periódico Oficial del Estado de Jalisco, 24 de febrero de 2007.
- [5] Galván Meraz, F. *Prontuario Sobre Legislación de Residuos en México*. Ed. Arlequín. México, 2008.
- [6] INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2010. (03/06/2013). <http://www.inegi.org.mx/>
- [7] ASF. Auditoría Superior de la Federación. Cámara de Diputados. *Taller Metodología del Marco Lógico. Matriz de indicadores de resultados (MIR)*. Programa de capacitación abierto 2011. (06/05/2012). www.ofsnayarit.gob.mx/capacitacion/2011/material0407.
- [8] UNEP (2013) Metal Recycling: Opportunities, Limits, Infrastructure. A Report of the Working Group on the Global Metal Flows to the International Resource Panel. ISBN: 978-92-807-3267-2.
- [9] Rocchetti L., Veglio F., Kopacek B., Beolchini F. Environmental Impact Assessment of Hydrometallurgical Processes for Metal Recovery from WEEE Residues Using a Portable Prototype Plant. *Environ. Sci. Technol.* 2013, 47, 1581–1588.

La separación de residuos sólidos en escuelas primarias ¿moda o costumbre?

Diana Janeth Ruiz Córdoba, Ma. de los Ángeles Chamorro Zárate,
Leticia Garibay Pardo, Héctor V. Narave Flores y Erika Y. Cruz Aburto.

Facultad de Biología – Xalapa. UV.
Circuito Francisco Aguirre Beltrán S/N.
Zona Universitaria, Xalapa, Ver.
lgaribay@uv.mx

Resumen

En los últimos seis años, académicos y estudiantes de la Facultad de Biología-Xalapa de la Universidad Veracruzana, han impartido talleres para promover la separación de residuos sólidos urbanos (RSU) en escuelas de educación básica, media superior y superior. Durante la aplicación de los talleres se registró una participación activa por parte de alumnos, profesores y directivos. Sin embargo, el seguimiento que se ha dado a la separación de los RSU, ha sido poco y muy diferente de una escuela a otra. El objetivo de este trabajo es presentar un análisis sobre las causas que han promovido la participación de directivos y profesores de algunas escuelas primarias para dar seguimiento al proyecto de la separación, así como las causas que impidieron que esto continuara en otras escuelas. Para ello se entrevistó a directores y profesores de escuelas primarias de los municipios de Banderilla, Coatepec y Xalapa, donde previamente se impartieron talleres de separación de RSU y se logró aparentemente la implementación de la práctica. Los resultados no son nada alentadores y demuestran que no obstante estas prácticas que en un principio se pensaron como definitivas y exitosas no impactaron ni se posicionaron como se esperaba. Los motivos según las encuestas aplicadas, fueron múltiples, desde los cambios de directivos hasta que los que fueron a dar las pláticas y talleres no estuvieron al pendiente y otras muchas razones más fueron argumentadas.

Palabras Clave: *Análisis, evaluación, investigación y valoración.*

1. Introducción

La Educación Ambiental (EA) es un proceso dinámico y participativo, que busca despertar en la población una conciencia que le permita identificarse con el problema ambiental. Tanto a nivel mundial, como a nivel local; busca identificar las relaciones de interacción e independencia que se dan entre el entorno (medio ambiente) y el hombre, así como también se preocupa por promover una relación armónica entre el medio natural y actividades.

La escuela primaria es el sitio idóneo para incorporar la EA, ya que es en este nivel se tiene una visión holística del ambiente [1].

Uno de los grandes problemas que hoy atentan con los recursos naturales son las grandes cantidades de basura que producimos, pues nos hemos convertido en sociedades altamente consumistas. La basura que generamos llega a zonas de cultivo, bosques, manglares, carreteras, cuerpos de agua, basura que puede convertirse en residuo y ser aprovechado nuevamente, reutilizarlo o reciclarlo.

En las últimas décadas el aumento de la población y la falta de cultura ambiental, ha contribuido al incremento de los problemas socio-ambientales. Siendo los problemas más graves; el aumento en la generación y manejo inadecuado de la basura, que provoca la contaminación de suelo, cuerpos de agua y aire.

Por esta situación, ha sido preciso buscar alternativas para contribuir a disminuirlo y para ello desde la línea Investigación y Educación para el desarrollo sustentable, se han impartido talleres de separación de residuos sólidos en escuelas primarias; actividad académica que se ha llevado a cabo como Experiencia Recepcional por estudiantes y maestros de la Facultad de Biología de la Universidad Veracruzana, por espacio de los últimos cinco años en diferentes municipios cercanos del centro del Estado de Veracruz y tipos de escuela primaria; urbana, suburbana y rural.

Considerando esta situación se eligieron algunas escuelas primarias de los municipios de Banderilla, Coatepec y Xalapa, con quien tenemos convenios, para efectuar una revisión sobre la participación que profesores y directivos de estas escuelas, han tenido para continuar con la separación de residuos sólidos, una vez que los talleres se efectuaron.

2. Desarrollo

Las instituciones donde se llevó a cabo la investigación fueron de tres Municipios: En *Banderilla* en las escuelas Lázaro Cárdenas, Benito Juárez, José Vasconcelos, Luis Martínez Murillo y Heriberto Jara Corona. En *Coatepec*: Leonor Trumbull de Muños y María Enriqueta Camarillo y en *Xalapa*: Joaquin H. Servín Andrade, Hugo Tood, Jaime Torres Bodet, Libertad Hernández y Mártires del 28 de Agosto.

Como parte de este trabajo, se diseñó un cuestionario, para conocer la participación de profesores y directivos en la separación de la basura en escuelas primarias, tomando como referencia los trabajos de: [2], [3], [4], [5].

El cuestionario se integró con diez preguntas diseñadas para conocer la opinión de los maestros con respecto a la separación de basura en residuos y la forma en que califican los talleres de Educación Ambiental que fueron impartidos; si continuaban con la práctica en las escuelas, si había impactado en la comunidad y así también poder identificar las fortalezas y debilidades de estos talleres.

3. Resultados

En el *municipio de Banderilla* se aplicaron un total de 48 encuestas en cinco escuelas primarias. Al cuestionar a los profesores sobre la *separación de la basura*, el 72.91% respondió que sí es muy importante argumentando que separar basura forma parte de un valor. El 25% lo considera importante porque al separar es más fácil su manejo y es una forma de educar a las familias a través de los niños, sobre el cuidado del ambiente y así involucrar también a toda la comunidad escolar. 2.09% lo considera poco importante.

Respecto al *nivel de participación* de los estudiantes de Biología en los talleres impartidos, un 6.25% califica de excelente; manejan bien la información y contribuyen al cuidado del ambiente. 81.25% califica como bueno el desempeño, hubo sensibilización y dieron información adecuada, señalando que les falta motivación cuando transmiten la información y que no dieron continuidad. Un 12.5% piensa que es de nivel regular ya que deben ser continuo y no se impartieron a todos los maestros.

Sobre la *sensibilización*; el 31.25% respondió que si se logró, argumentando que estos talleres: han promovido en la comunidad escolar cuidar el ambiente y van aprendiendo sobre el tema. El 68.75%

respondió que no, argumentando que; no son constantes, no hubo seguimiento, no hubo elementos necesarios, falta de material, falta de botes, en un inicio sí, pero fue perdiendo interés, no se hacen con frecuencia y sólo fue promovido por breve tiempo.

En relación a *las escuelas que han continuado con la separación* de la basura el 18.75% respondió sí y el 81.25% respondió no.

Sobre las *causas por las cuales dejaron de separar la basura*, el 15.38% respondió que por falta de interés de directivos, el 7.69% respondió por falta de interés de intendentes, el 64.10% dice que por falta de interés de todos y el 12.83% respondió que se debe a otras causas.

Al preguntar *por qué siguen con la separación de basura*, el 44.44% respondió que es por el interés de disminuir el problema generado; el 55.56% respondió que es por contribuir en la formación de los estudiantes.

Acercas de *quienes participaron en la separación en residuos sólidos*, un 22.20% respondió que fueron los alumnos y el 77.80% respondió que fueron todos los integrantes de la comunidad escolar.

Al preguntar *sobre la necesidad de impartir mas talleres sobre este tema en las escuelas*, el 100% respondió que sí, para saber cómo separar los residuos sólidos, sensibilizar a los alumnos y presentarles una visión más cercana sobre lo esencial de reducir, reciclar y reutilizar.

Respecto a la *necesidad en las escuelas para que se haga continua la separación*, argumentaron que sea permanente no olvidar y que es una tarea importante y necesaria. Lograr sensibilizar tanto a los alumnos como al personal, elaborar un plan de trabajo con actividades que promuevan esta labor, dar seguimiento continuo, depósitos adecuados y continuar desarrollando en los alumnos el amor por la naturaleza.

En las escuelas del *municipio de Coatepec* se aplicaron 11 encuestas; y sobre las *acciones para separar la basura en el aula*, el 72.73% respondió que sí las considera muy importante, transmite conocimientos empezando por los niños hasta llegar a toda la comunidad, para disminuir el problema generado por la basura, y ser parte de la adquisición de una nueva cultura. Un 18.18% respondió que es importante argumentando que es: para mejorar la organización de la basura y contaminar menos. Un 9.09% respondió poco importante ya que aun no se ha logrado sensibilizar a los niños del problema de la basura.

En relación al *nivel de participación de los estudiantes de Biología* en los talleres impartidos, un 90.91% califica bueno el nivel, pues los explicaron bien, la información que manejaron buena, lograron proyectar en el alumno y en los padres de familia la importancia de la separación de los residuos sólido y sólo les faltó seguimiento. Un 9.09% respondió que fue regular pues les faltó organización entre el cuerpo docente y los estudiantes de la Facultad.

Acercas de la *sensibilización que estos pudieran generar*; el 81.82% ha desarrollado una idea de la separación de residuos sólidos, ahora los alumnos y maestros identifican y separan, es observable en los alumnos el buen hábito de clasificar y reutilizar los RSU. El 18.18% respondió que no y que se deben dar los talleres a los padres de familia para hacer que se sumen a la práctica.

En relación a *las escuelas que han continuado con la separación* de RSU; 45.45% respondió si y el 54.55% respondió no.

Sobre los *problemas por los que se dejó de separar la basura*; un 50% respondió que por falta de interés de todos y el otro 50% respondió que por otra causa, sin especificar.

Al preguntar *que ha motivado para seguir con la separación de residuos sólidos*; un 60% respondió que fue por el interés de disminuir el problema generado por la basura y el 40% que fue por el interés a contribuir en la formación de los estudiantes.

Acerca de *quiénes fueron los que participaron en la separación de RSU dentro de las primarias* el 20% respondió que fueron alumnos y el 80% por la participación de todos los integrantes de la comunidad escolar y al preguntar sobre la *necesidad de impartir talleres sobre el tema*, el 100% respondió que sí, ya que se tiene que establecer la cultura de la separación de la basura, con organización en la escuela.

Sobre *lo que se necesitan en esas escuelas para que se haga permanente la separación de residuos*; los maestros argumentaron que debe haber perseverancia, un centro de acopio, que en cada ciclo escolar se impartan pláticas, involucrar a todos y actuar en conjunto, motivarlos y darle continuidad a este proyecto educativo con el apoyo de la Facultad de Biología a través de un seguimiento permanente.

En el municipio de Xalapa se aplicaron 34 encuestas en cinco escuelas primarias y al *cuestionar a los profesores sobre la aplicación de acciones para separar la basura*, el 82.35% respondió que sí considera muy importante porque se educa a los niños con el ejemplo, crea hábitos de cultura y lo lleven a casa. El 17.65% contestó que es importante porque los alumnos aprenden como hacerlo y desarrollan el hábito, lo ejecutan y contribuyen al cuidado del ambiente.

En relación al *nivel de participación de los estudiantes de Biología en los talleres impartidos*; un 29.41% califica de excelente el nivel por que dicen: se centran en el tema, son claros y acordes con la información, edad y realidad. El 47.07% respondió que fueron buenos ya que aprendieron a separar la basura, les faltó ser más dinámicos y prácticos. 23.52 % respondió que fueron regulares, les faltó seguimiento y no se impartieron a todos los grupos y a los padres de familia.

Acerca de la *sensibilización que estos pudieran generar*, el 52.94% respondió que sí se logró; hoy se han colocado los botes en los salones y explanadas, se ha generando interés; y poco a poco han empezado a separar. El 47.06% respondió que no, pues no tuvieron seguimiento, no tuvieron el alcance, no hubo continuidad y ya no hay botes; falta más promoción de los talleres entre maestros y alumnos.

En relación a las *escuelas que han continuado con la separación de residuos sólidos*, el 44.12% respondió si y el 55.88% respondió que no.

Tabla 1. Sugerencias de los maestros de las escuelas de los tres municipios.

Municipio de Banderilla	Municipio de Coatepec	Municipio de Xalapa
<ul style="list-style-type: none"> • Estaría bien que en las calles se hiciera lo mismo, pues hay demasiada basura. • Una calendarización previa al inicio de ciclo escolar para llevarlos a cabo. • Talleres a padres de familia. • Dar continuidad a los talleres en las escuelas e insistir con la sensibilización. • Realizar proyectos que fomenten en los alumnos el respeto y creatividad sobre este tema. • Que se exija como ley entre las escuelas de gobierno y que la información llegue a todos los grupos de la primaria y personal de la escuela. • Talleres de manualidades donde se ocupen los materiales. • Tener contenedores adecuados y grandes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Perfeccionen las acciones a desarrollar y promuevan el cuidado continuo del medio ambiente. • Que se realicen talleres a los padres de familia. • Elaborar folletos, trípticos, carteles sobre el problema de la basura. • Darle seguimiento a los proyectos de educación ambiental. • Coordinar al personal adecuado para que los talleres funcionen y que no pase mucho tiempo entre las pláticas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Apoyar con más talleres. • Implementar campañas para que hagan los talleres lo más pronto posible. • Buscar los espacios con padres de familia. • Que los talleres sean permanentes. • Que se de seguimiento al programa. • Nuevos cursos para reforzar la información. • Incluir salidas de los alumnos para comprobar la separación. • Más pláticas sobre el tema. • Instalar contenedores que queden fijos. • Tener seguimiento desde el inicio del curso hasta el fin. • Que los talleres sean más dinámicos y difundir la información a la comunidad.

Sobre los *problemas por los cuales se dejó de separar la basura*; un 15% respondió que por falta de interés de maestros, un 20% respondió que es por falta de interés de intendentes, el 40% que dice que es por falta de interés de todos y por último el 25% respondió que se debe a otra causa no especificando.

Al preguntar *que ha motivado para seguir con la separación de residuos sólidos*; un 57.15 % respondió que es por el interés de disminuir el problema generado por la basura; el 42.85 % que es por interés por contribuir en la formación de los estudiantes.

En relación a *quiénes participaron en la separación de residuos sólidos*; el 100% respondió que fueron todos los integrantes de la comunidad escolar.

Sobre *la necesidad de impartir más talleres del tema de la separación*; en las escuelas el 100% respondió que sí; por la formación y actualización del individuo en general, favorecer al cuidado del ambiente, iniciar la cultura de separar.

Acercas de *que es lo que se necesitan en esas escuelas para que se haga permanente la separación de basura*, los maestros expresaron que: se requiere material para separar, disciplina, educación adecuada, información suficiente, iniciativa, voluntad, actitudes positivas, contenedores apropiados, ampliar los conocimientos sobre el tema, dar seguimiento y campañas constantes.

4. Conclusiones

Dos preguntas fueron claves en este estudio, además de recoger todas las opiniones y sugerencias sobre la actividad realizada por los talleristas de la facultad de Biología; para considerarlas y mejorarlas a futuro. Una es la que nos revela que sólo entre el 18 y el 45 % ha continuado con la separación y la otra, sobre que las causas se deben a, falta de interés de directivos, maestros, intendentes en mayor y menor proporción y de todos. Lo que nos habla de una falta de compromiso de los adultos; en este caso de los maestros y directivos, para trabajar desde la educación en el aula; en este aspecto tan formativo y necesario.

Todas las opiniones y sugerencias nos llevan a pensar que los maestros si tienen mucha idea de lo importante que puede ser este abordaje de temas, sobre el cuidado del ambiente, lo que se revela en las opiniones vertidas y en este caso particular de la separación de la basura, sin embargo no hay un compromiso por parte de ellos, por lo que quizás como lo mencionaron; la práctica de la separación se deba de legislar en las escuelas.

En los diferentes planteles de los municipios donde se continúa con esta implementación inicial; fue por el entusiasmo de los maestros, les ha generado ingresos o por el convencimiento de que es una forma de cuidar el ambiente, pues están preocupados por él. Y en conjunto sólo una escuela de cada municipio continuó la separación.

Las otras escuelas en conjunto que son la mayoría, no continuaron, manifestando muchas razones y quizás culpables, como el que los talleristas no regresaron y ellos no son especialistas en el tema, les falta tiempo y motivación, hubo cambios de directivos, los intendentes no se suman, hubo cambios de maestros y los padres de familia no se involucran siendo estas las razones más importantes.

Para que la separación de la basura sea exitosa en la escuela primaria, además de alguna capacitación y/o intervención (tesis y servicios sociales), como la que hacen los alumnos de la facultad de Biología a través de esta línea de investigación, se necesita que los maestros sean los promotores principales, los directivos estén convencidos y apoyen; se sume todo el personal y por supuesto se involucren a los padres de familia.

Referencias Bibliográficas

- [1] UNESCO-NUMA. 1997. Programa Internacional de Educación Ambiental. Serie Educación Ambiental 21. unesdoc.unesco.org/images/0009/000963/096345so.
- [2] Alba, A. 1997. *Evaluación de programas de educación ambiental*. Universidad Nacional Autónoma de México. México 119 pp.
- [3] Callejas .A.2001. *Sistema de tratamiento de residuos sólidos municipales* .Tesis de Licenciatura, Facultad de Ingeniería Ambiental Xalapa, Universidad Veracruzana. Xalapa, México. 99 pp.
- [4] Cobo, G. 2006. *Manual del promotor ambiental .secretaría de desarrollo social y protección al ambiente*. Número 28. Villahermosa Tabasco. 38pp.
- [5] Plan Veracruzano de desarrollo. 2011. <http://sistemas.cgever.gob.mx/11/PLANVER2011-2016.pdf> 302 pp.

El manejo de los residuos electrónicos en Jalisco: 2010-2013

¹Gerardo Bernache Pérez, ²José Antonio Guevara García,

³María Olivia Peña Ortiz y ⁴Sofía Chávez Arce

¹CIESAS Occidente, Ave. España 1359, Col Moderna, Guadalajara, Jalisco 44190. gerardo.bernache@gmail.com

²Universidad Autónoma de Tlaxcala, Departamento de Ciencias Básicas, Tlaxcala.

³Universidad de Guadalajara, Departamento de Química, CUCEI, Guadalajara

⁴Proyecto Ecovía, Vías Verdes, A.C., Guadalajara.

Resumen

Los residuos electrónicos contienen sustancias tóxicas que pueden considerarse peligrosas al momento de su disposición final. El plomo de los tubos de Rayos Catódicos, el cadmio y los retardantes de fuego bromados en los plásticos, el mercurio, el cromo hexavalente, y las aleaciones de berilio de los componentes electrónicos, son algunos de las sustancias tóxicas que pueden ser contaminantes y dañinas a la salud. En el estado de Jalisco se han realizado cuatro campañas de acopio de residuos eléctricos y electrónicos a partir de 2010 donde el Ayuntamiento de Guadalajara y Proyecto Ecovía trabajaron en la primera campaña municipal y lograron un acopio de 51.3 toneladas. A partir del 2011 empezaron las campañas intermunicipales en el Estado de Jalisco con la participación de 23 municipios que lograron recolectar 100.2 toneladas de residuos electrónicos y pilas. Para el año de 2012 se organizó la 2ª Campaña Intermunicipal en la que participaron 30 municipios del Estado que recolectaron 104.4 toneladas y, finalmente, en febrero de 2013 se llevó a cabo la 3ª Campaña Intermunicipal con 46 municipios que recolectaron 110.6 toneladas de residuos eléctricos y electrónicos, así como 6.3 toneladas de pilas usadas. En este trabajo se describe el proceso de organización de las campañas, el involucramiento de organizaciones ambientalistas y la participación ciudadana para el éxito en la recolección de estos residuos de manejo especial. Además se presentan los beneficios ambientales del manejo adecuado y la valorización de estos residuos, evitando que genere contaminación ambiental por su disposición inadecuada.

Palabras clave: *acopio, campaña intermunicipal, participación social, residuos manejo especial*

1. Introducción

De acuerdo a un estudio del Instituto Nacional de Ecología [1], [2], [3], en México se producían (2006) unas 257,000 toneladas anuales de Residuos Eléctricos y Electrónicos (REE). Si consideramos un crecimiento anual de 4% de este monto tenemos un estimado de 338,194 toneladas anuales para el 2013. Si Jalisco tiene 6.5% de la población nacional y la zona metropolitana de Guadalajara (ZMG) el 3.9%, entonces podríamos esperar una producción anual de residuos del orden de las 21,983 toneladas de REE para el estado y de 13,190 para la ZMG. 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 municipales.

Con respecto a la región de América Latina, la UNESCO y otras instituciones han señalado que los REE constituyen una amenaza grave para el medio ambiente y la salud humana cuando no se tratan, disponen o valorizan de una forma sustentable [4].

En México, los estudios realizados por parte del INE y la SEMARNAT [1], [2], confirman que para nuestro país los REE se generan en el orden de los cientos de miles de toneladas por año y que contienen residuos de materiales peligrosos que pueden ocasionar daños severos en la salud de las personas que están en contacto con los mismos, así como problemas de contaminación grave del medio ambiente regional donde son desechados.

Por lo anterior, el Proyecto Ecovía, Vías Verdes, A.C. (en adelante Proyecto Ecovía) se propuso impulsar un programa de acopio de REE en la ciudad de Guadalajara y en el estado de Jalisco. La relación sociedad y gobierno que fue la plataforma de trabajo en las campañas de acopio de REE en el estado fue evolucionando de manera paulatina a partir del 2010, integrando a más actores sociales y públicos en las campañas posteriores. Para la primavera del 2013, después de cuatro campañas de recolección, se recibieron un total acumulado de 365.9 toneladas de REE procedentes de 46 municipios de Jalisco.

2. Desarrollo

Este trabajo tiene dos objetivos: 1) el mostrar cómo se organizó exitosamente una colaboración de grupos de la sociedad civil con ayuntamientos y el gobierno estatal en Jalisco, un esfuerzo conjunto que ha rendido importantes resultados en diferentes ámbitos relacionados con la generación y manejo de REE; y 2) presentar los montos de REE que se han logrado captar en las cuatro campañas de acopio que tuvieron lugar durante el periodo 2010-2013.

Por parte de la sociedad civil se tuvo el liderazgo del Proyecto Ecovía y la participación comprometida del grupo local de Scouts México en las cuatro campañas realizadas; mientras que, por parte del gobierno, se tuvo inicialmente la participación del ayuntamiento de Guadalajara en el 2010 y posteriormente se fueron incorporando otros ayuntamientos hasta alcanzar un total de 46 ayuntamientos de Jalisco en el 2013.

En las cuatro campañas de acopio de REE se trabajó de manera cercana con los responsables de medio ambiente de los municipios involucrados, con escuelas de educación básica y con escuelas preparatorias de la Universidad de Guadalajara y se motivó la participación ciudadana a través de difusión y talleres de educación ambiental previos a la fecha de la campaña.

Además de lograr el acopio de un monto importante de REE, se logró involucrar a miles de familias jaliscienses, así como alumnos de educación básica, estudiantes de preparatoria y otros sectores de la población. La participación social fue el elemento central de las campañas, el propósito básico ha sido motivar y encausar la participación ciudadana para la gestión integral de los residuos, en este caso de los residuos de manejo especial que son los REE.

También se realizaron actividades antes y durante las campañas, difusión para dar a conocer el problema que representa la disposición inadecuada de los REE y para motivar la participación social. La campaña de difusión involucró diversas actividades, entre otras: entrevistas en radio, información en posters, los mensajes e invitaciones a través de las redes sociales de internet y más. En cada localidad se dieron condiciones particulares de difusión. En todas las campañas, a nivel general se presentaron ruedas de prensa, antes y después de la campaña para brindar información general al público.

Se dieron varios niveles de participación, a nivel más básico fue la participación al traer los REE al centro de acopio durante la campaña; pero también hubo personas que participaron como voluntarios en diferentes tareas: repartiendo trípticos y visitando casas, colaborando con el perifoneo, como parte del equipo de trabajo en el centro de acopio, y como educadores ambientales

con talleres que se realizaron de manera paralela a la campaña y en espacios contiguos al centro de acopio.

Primer campaña municipal. En el 2010 la campaña inicial se desarrolló en un solo municipio: Guadalajara. El Proyecto Ecovía estableció un acuerdo de colaboración con el Ayuntamiento de Guadalajara, grupo Scouts México (Jalisco) y la empresa REMSA. La organización previa empezó en el mes de enero de 2010, para preparar todo lo necesario para la campaña que tuvo lugar en el mes de junio. Contempló la ubicación de los centros de acopio, la difusión previa para dar a conocer la campaña a la población y a instituciones públicas, así como la organización logística de la recepción de los REE y su transporte a la ciudad de Querétaro sede de la empresa REMSA.

La campaña de difusión enfatizó el daño ambiental que ocasiona la disposición inadecuada de los REE y el hecho de que no deben tirarse con la basura doméstica en la recolección domiciliar para evitar que sean enterrados en vertederos municipales. En esta primer campaña se contactó a instituciones públicas como la Universidad de Guadalajara, el propio Ayuntamiento de Guadalajara, el Sistema Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado y también a empresas privadas que desincorporaron lotes de equipos electrónicos inservibles que tenían años de estar almacenados. Estas instituciones y empresas fueron las que tuvieron la mayor contribución a la campaña municipal al aportar grandes volúmenes de REE que fueron un 80% de las 51.32 toneladas de REE recolectadas. Este monto constituyó, en el 2010, una recolección estatal récord en todo México.

Primer Campaña Intermunicipal. En el 2011 se organizó una segunda campaña en la que se sumaron otros 15 municipios al Ayuntamiento de Guadalajara, principalmente ayuntamientos de la zona metropolitana de Guadalajara y ayuntamientos asociados a la Junta Intermunicipal del Río Ayuquila (JIRA) con sede en Autlán, Jalisco. La invitación para participar la extendió el Proyecto Ecovía que continuó con el liderazgo de la organización y con la participación comprometida del Ayuntamiento de Guadalajara y Scouts México con el apoyo cercano de la empresa REMSA.

Esta campaña se organizó con seis meses de anticipación para establecer mecanismos uniformes de difusión, la campaña publicitaria, la forma de recibir los REE y hacer registros de procedencia y peso de los REE con formatos diseñados exprofeso. Además se definieron rutas transporte y la logística para la recolección de los REE y se establecieron centros regionales para que el camión de transporte recibiera en esa sede los residuos de otros municipios aledaños.

Se tuvieron reuniones previas con los responsables de los ayuntamientos participantes con el fin de lograr acuerdos comunes respecto a los tipos de REE que se recibirían en la campaña y facilitar el proceso propio del acopio. Esta campaña tuvo lugar en un fin de semana (25 y 26 de febrero) de manera simultánea en todos los municipios participantes.

En este año 2011 se logró acumular un monto de 100.2 toneladas de REE que se enviaron a la empresa REMSA para su valorización.

Segunda Campaña Intermunicipal. Para el año 2012 se organizó la Segunda Campaña Intermunicipal siguiendo con los procedimientos y la organización previa, tomando en cuenta las experiencias tratando de mejorar para incorporar a un mayor número de municipios del estado. En esta ocasión respondieron 30 municipios de manera positiva. En esta campaña se realizó de manera escalonada durante los cuatro fines de semana del mes de febrero, debido a que se involucraron más ayuntamientos se tuvo que escalonar la recolección y la logística de las rutas de transporte de los REE acopiados.

La estrategia de difusión fue más compleja y se utilizaron diversos medios para dar a conocer las fechas, lugares y tipos de residuos a la población. La difusión se realizó con posters, trípticos, mantas, en algunos lugares se hizo perifoneo calle por calle, en otros lugares se difundió por

estaciones de radio locales, incluso algunos párrocos difundieron la campaña desde las iglesias. De igual manera que el año anterior, se establecieron centros regionales y rutas de transporte de los REE acopiados de tal manera que se hizo un uso más eficiente del transporte de materiales.

Los 30 municipios participantes en la campaña lograron recolectar un total de 100.44 toneladas de REE que se recibió la empresa REMSA. Es importante señalar que la empresa contribuyó con materiales para la difusión de la campaña y proporcionó el transporte de los residuos desde los centros regionales y desde la ciudad de Guadalajara hasta Querétaro.

Tercer Campaña Intermunicipal. Durante febrero de 2013 se desarrolló la Tercer Campaña Intermunicipal de acopio de REE en el estado de Jalisco. En esta última campaña se consolidó la estrategia de difusión del evento y también se consolidaron las actividades de educación ambiental involucrando alumnos de educación básica y estudiantes de preparatoria.

En cuanto a la participación del sector gubernamental, la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable (SEMADES) participó de manera más decidida, realizó la Convocatoria a todos los municipios del estado y se incorporó a la estructura organizativa del evento.

En esta campaña hubo varios cambios importantes en los tipos de residuos recolectados: además de los tradicionales aparatos eléctricos, electrónicos y pilas que se venían recolectando en campañas previas, en esta ocasión se incluyeron aparatos electrodomésticos y refrigeradores, así como lámparas y focos ahorradores con vapor de mercurio.

En el ámbito de la organización se conformó un Comité Técnico. Algunas empresas locales habían señalado que eran marginadas de estas campañas y mostraron interés en participar. La SEMADES lanzó una Convocatoria para empresas recicladoras de REE y motivar su participación. El Comité Técnico visitó y estudió las 6 empresas que presentaron una solicitud y finalmente después de una evaluación se decidió por consenso seleccionar a la empresa MAC Grupo Ecológico, por la variedad de procesos con que cuenta para procesar REE, incluyendo refrigeradores y lámparas/focos ahorradores, así como el número de certificaciones ambientales y la disponibilidad para apoyar la campaña con materiales de difusión y con el transporte de los REE, entre otros criterios de evaluación.

3. Resultados y Discusión

En un primer nivel el resultado es que las campañas de acopio de REE en el estado de Jalisco se han consolidado como una estrategia de gestión integral en las que colaboran organismos de la sociedad civil, los gobiernos locales y el estatal, empresas recicladoras y la Universidad de Guadalajara. Esta gestión y la cooperación ha logrado mandar un mensaje claro a los residentes del estado en relación a los residuos peligrosos que contienen los REE que, cuando no se disponen de manera adecuada, pueden ocasionar daños al ambiente y a la salud pública. El esfuerzo también ha dado frutos en cuanto al involucramiento de grupos amplios de la sociedad en el estado para que lleven sus REE a los centros de acopio, así también ha logrado involucrar como voluntarios a estudiantes de preparatoria y ha orquestado estrategias de educación ambiental enfocadas a este tipo de residuo.

En un segundo nivel, los resultados se muestran en los montos de REE que se han recolectado y que de los cuales se asegura un tratamiento integral y su valorización como materias primas. La Tabla 1, a continuación, muestra los resultados generales de las cuatro campañas.

Tabla 1. Montos de REE recolectados, municipios y habitantes participantes en las campañas, y toneladas de CO₂ que se evitaron enviar a la atmósfera por reciclado de metales.

Campaña	Kilogramos Recolectados	Municipios Participantes	Habitantes	Toneladas de CO ₂ evitadas (*)
2010	51,325	1	1,495,189	235.0
2011	100,200	23	3,586,844	459.0
2012	104,440	30	3,832,000	478.4
2013	109,983	46	4,695,346	503.9

(*) Debidamente exclusivamente al reciclado de los metales recuperados. Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 1 se incluye el resultado del cálculo de la reducción de las emisiones de CO₂, hecha con un método que estima la cantidad de los metales que fueron recuperados y están disponibles para reciclado [7]. Las operaciones de reciclado de los metales incrementan las reservas disponibles para la industria, pero también contribuyen a reducir considerablemente las emisiones de gases de efecto invernadero. La minería de los metales preciosos y especiales produce grandes cantidades de CO₂ debido a la baja concentración de estos en los minerales y a las difíciles condiciones de explotación. En cambio, hacer "minería" con los residuos electrónicos para recuperar los metales contenidos sólo necesita una fracción de esta energía.

4. Conclusiones

Las campañas de acopio de REE en el estado de Jalisco han sido un éxito por la incidencia en la conciencia ambiental y por la participación ciudadana. Lo anterior ha sido resultado de la colaboración de organizaciones sociales y entidades del gobierno estatal y gobiernos municipales.

Si bien el monto total recolectado de 365.9 toneladas de REE en el periodo de cuatro años que han funcionado las campañas es un monto significativo, estamos aún lejos de asegurar el tratamiento adecuado del flujo potencial de REE en Jalisco que en esos cuatro años se estima fueron 87,932 toneladas de REE. Así mismo, con el acopio de 365.9 toneladas de REE se evitaron emitir a la atmósfera 1676.4 toneladas de CO₂ al recuperar los metales por reciclado en lugar de obtenerlos por minería. Esto representa un impacto positivo adicional en el medio ambiente de las campañas de acopio.

Sin embargo es importante señalar que las campañas son el punto de partida para motivar cambios en los patrones de consumo y disposición de aparatos eléctricos y electrónicos en la población jalisciense. Las campañas inciden en la cultura ambiental y dejan el camino abierto para nuevas

iniciativas que vendrán en el mediano plazo, serán programas regulares en los que la participación de la sociedad y el gobierno llegarán a un mayor nivel de compromiso con el cuidado del medio ambiente y con la responsabilidad para una gestión integral de los REE.

Referencias Bibliográficas

- [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] Gavilán García, Arturo (2011) “Situación de la generación de residuos electrónicos en México”. Primer Taller del Proyecto *Análisis de ciclo de vida de residuos electrónicos y propuesta de manejo en ciudades fronterizas de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas*. Instituto Nacional de Ecología – SEMARNAT. México, D.F.
- [3] Gavilán García, Arturo (2007) “Diagnóstico sobre desechos electrónicos en México”. *Taller de fortalecimiento de capacidades sobre baterías usadas plomo/ácido y desechos electrónicos*. 4 al 6 de diciembre de 2007. Tijuana, B.C.
- [4] UNESCO (2010) *Los residuos electrónicos: un desafío para la sociedad del conocimiento en América Latina y el Caribe*. G. Cyranek y U. Silva (editores). Montevideo, Uruguay.
- [5] Boeni, Heinz, Uca Silva y Daniel Ott (s/f) “Reciclaje de residuos electrónicos en América latina: panorama general, desafíos y potencial”. Manuscrito no publicado. Santiago, Chile.
- [6] RECYCLA Chile y Fundación Casa de la paz (2007) *Residuos electrónicos la nueva basura del siglo XXI. Una amenaza una oportunidad*. Santiago, Chile.
- [7] Guevara-García, J.A. (2013). Comunicación personal.

Lógica difusa para evaluar la influencia de las variables psicográficas en el comportamiento ambiental del consumidor

¹ Wendolyn Elizabeth Aguilar Salinas, ² Sara Ojeda Benítez, ³ Hugo Favela, ⁴ Samantha Cruz Sotelo.

¹Profesora de la Facultad de Ingeniería, UABC. Universidad Autónoma de Baja California, Blvd. Benito Juárez y Calle de la Normal S/N, Insurgentes Este, C.P. 21280, Mexicali, Baja California, México, Tel: (686)5664150. E-mail: aguilar.wendolyn@uabc.edu.mx ²Profesora e Investigadora del Instituto de Ingeniería, UABC. ³Profesor de la Facultad de Pedagogía e Innovación Educativa, UABC.

Resumen

Es importante analizar el comportamiento del consumidor en el proceso de compra, para identificar variables que promueven conductas ambientales, entre ellas están las variables psicográficas. Éstas muestran criterios que los individuos siguen para seleccionar y justificar sus acciones, lo cual permite identificar distintos tipos de consumidores, que es el objetivo de este trabajo. Para realizar la investigación se seleccionó una muestra representativa de la población de Mexicali, dividida por estrato socioeconómico. Se aplicó una encuesta para identificar las actitudes y creencias ambientales de la población, y así analizar su comportamiento proambiental por medio de la lógica difusa. Como parte del análisis difuso, la técnica ANFIS utilizó una estructura de una red neuronal feed-forward adaptando los parámetros del sistema de lógica difusa de acuerdo a los datos reales del problema mediante reglas difusas TSK (Takasi-Sugeno-Kang). Como resultado se obtuvieron los parámetros de las funciones de membresía y las funciones consecuentes, pudiéndose observar como para la generación de comportamientos ambientales, las actitudes pesan más que las creencias del individuo.

Palabras clave: *Actitudes, ANFIS, Consumo, Creencia, Reglas difusas.*

1. Introducción

Las investigaciones que se han realizado sobre el consumo relacionado con la conciencia ambiental del consumidor, sugieren que la intención de compra es impulsada por valores intrínsecos como características demográficas, socioeconómicas y psicográficas del consumidor [1]. De estas, las psicográficas son las que tienen mayor relación con su comportamiento medioambiental [2]-[3]. Son difíciles de medir [4], pero describen características de los consumidores que las variables sociodemográficas no explican.

Algunas investigaciones consideran que dentro de este tipo de variables, algunas ejercen mayor influencia en el comportamiento del consumidor, y por ello se consideran como antecedentes de comportamientos ambientales. Debido a esto, es importante estudiar las creencias y las actitudes ambientales, así como el contexto y la situación en la que el comportamiento ocurre [2], [5]-[7]. El vínculo entre las actitudes y el comportamiento es complejo, ya que están relacionadas y dependen de muchos factores contextuales [8].

Una de las características que construye a las variables psicográficas, es la actitud, la cual es simplemente una evaluación general de una alternativa, y va de positivo a negativo. Una vez formadas las actitudes, juegan un papel director en la elección futura y son difíciles de cambiar [9]. Así mismo, consideran que además, se caracterizan por su dificultad de medición, por su rigidez de cambio cuando ya están formadas y por la creación de estereotipos [6]. Las actitudes ocupan un lugar muy importante a la hora de explicar el comportamiento ecológico, ya que son la base de ese comportamiento.

Por otra parte las creencias, permiten la vinculación de valores y actitudes personales que se forman sobre los atributos de un objeto y una evaluación individual [10]. Las creencias influyen en las actitudes, que a su vez influyen en el comportamiento a través de la intención a desarrollar ese comportamiento [11].

Para el análisis de información fue necesaria la aplicación de la técnica ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System) [12]. ANFIS tiene la capacidad de construir modelos, autodeterminando parámetros adecuados para proporcionar el mejor aprendizaje mediante la descripción de las funciones de membresía y la introducción de datos en el sistema, por medio de reglas if-then [13]. Como resultado, se mostró la relación entre las actitudes y las creencias con respecto a un comportamiento ambiental.

2. Materiales y métodos

El presente estudio se llevó a cabo en la ciudad de Mexicali, capital de Baja California, México, y cuenta con alrededor de 13,936 Km² con 936,826 habitantes [14]. En Mexicali, la generación anual de residuos sólidos en el 2010 fue de 294,243 toneladas, siendo una generación per cápita 0.8565 kilogramos por habitante por día [15], por lo que es importante conocer que factor es el que lo impulsa a generar estos volúmenes de residuos.

El estudio se llevó a cabo con una muestra representativa de las viviendas de la ciudad, para conocer las características de la población, el compromiso y la responsabilidad que tienen con su entorno.

Para identificar las variables a incluir en el diseño del instrumento que se aplicó para obtener información sobre los comportamientos de consumo, se tomaron como referencia algunos de los factores utilizados en los modelos de [16]-[18], así como otros modelos de comportamientos basados en las actitudes de [19]-[22], que permitan analizar el comportamiento del consumidor y su relación con el medio ambiente. El modelo propuesto se centró en el análisis e inclusión de las variables psicográficas, entre las que se incluyeron las actitudes y las creencias. Las actitudes se evaluaron analizando los componentes cognitivo, afectivo e intencional, mediante el compromiso verbal, real y afectivo del consumidor, para identificar la actitud del consumidor positiva o negativa con respecto al medio ambiente. El componente cognitivo, evaluará el conocimiento sobre la acción que realiza el consumidor (correcta o incorrecta). El componente afectivo, evaluará los valores y sentimientos 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. Las creencias serán analizadas como representaciones culturales de eventos que tienen existencia para un individuo, más allá de la percepción directa. Las creencias a evaluar fueron las 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 [23].

Para aplicar el instrumento, se segmentó a la ciudad en siete estratos socioeconómicos que propone el Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana (IMIP), generándose un tamaño de muestra con una precisión del 90% (Ver tabla 1).

Tabla 1. Número de viviendas por estrato socioeconómico.

Estrato	Viviendas por estrato	Muestra (n)	Viviendas encuestadas
Residencial	7063	261	268
Medio	14445	266	488
Popular	69103	269	619
Interés Social	53876	269	477
Popular Progresista	27592	268	416
Precario	2291	242	282
Granjas	1333	225	281

Para el análisis de los datos sobre el comportamiento ambiental del consumidor, se utilizó un modelo difuso de tipo Sugeno. La característica más importante de ANFIS, es que puede representarse como un conjunto de reglas difusas if-then (Ecuación 1).

$$\text{Regla 1: If } x = A_1 \text{ and } y = B_1 \text{ then } f_1 = p_1x + q_1y + r_1 \quad (1)$$

$$\text{Regla 2: If } x = A_2 \text{ and } y = B_2 \text{ then } f_2 = p_2x + q_2y + r_2$$

Donde x , y son variables independientes, A_i, B_i son conjuntos difusos (etiquetas lingüísticas como alto y bajo), p_i, q_i, r_i son los parámetros de la variable dependiente. La arquitectura ANFIS que consta de cinco capas se muestra en la figura 1.

En la capa 1, cada nodo i es un nodo de adaptación con una función de nodo descrito por $O_{1,i} = \mu A_i(x)$, for $i = 1, 2$ and $O_{1,i} = \mu B_{i-2}(y)$, for $i = 3, 4$, donde x es el nodo de entrada i , A_i, B_i son la etiqueta lingüística (alta, media-alta, media, media-baja, baja) asociados con esta función de nodo $O_{1,i}$ y $O_{1,i-2}$ son la función de membresía de A_i, B_i , respectivamente. Utilizando μA_i y μB_i como la función de membresía de tipo gaussiana. En la capa 2, cada nodo es un nodo fijo etiquetado Π , que multiplica las señales de entrada y genera una salida que representa la fuerza de disparo de las reglas, y se puede representar como $O_{2,i} = w_i = A_i(x) \times B_i(y)$, $i = 1, 2$. Cada nodo en la capa 3 es un nodo fijo. El nodo i -ésimo calcula la relación de las normas i th de la fuerza de disparo a la suma de las fuerzas de disparo de todas las reglas. En otras palabras, normaliza la fuerza de disparo del nodo i . En la capa 4 se calcula el consecuente. Cada nodo en esta capa es un nodo de adaptación, dirigido por $O_{4,i} = \bar{w}_i f_i = \bar{w}_i (q_i x + q_i y + r_i)$, donde \bar{w}_i es la salida de la capa 3 y p_i, q_i y r_i son los parámetros. En la capa 5, el nodo único es un nodo fijo etiquetado Σ que calcula la producción total como la suma de todas las señales entrantes (Ecuación 2) [13].

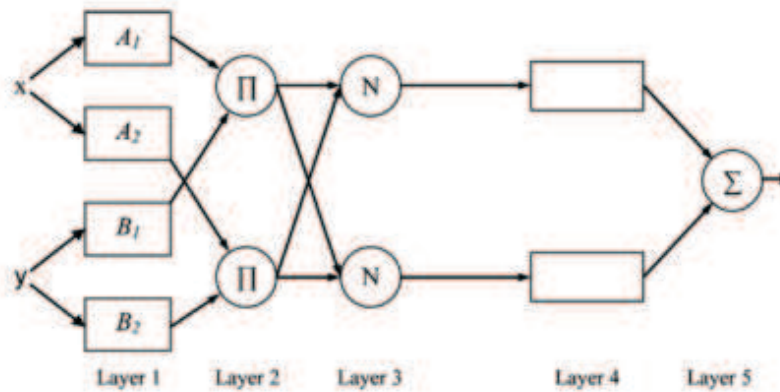


Figura 1. Arquitectura ANFIS.

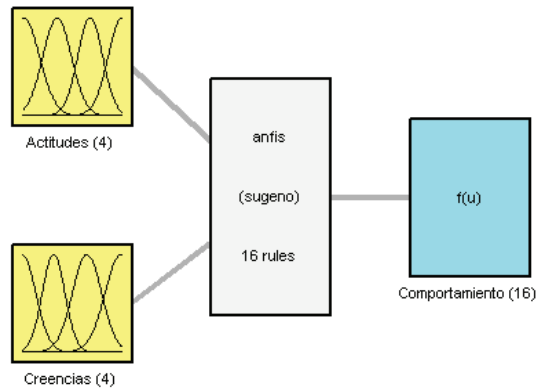
$$O_{5,i} = \sum_i \bar{w}_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i} \quad (2)$$

3. Análisis de resultados

Como resultado se generó un FIS de tipo Sugeno, con dos variables de entrada y una de salida (ver Figura 2), generando una relación entre las variables de entrada: actitudes y las creencias, con respecto a la variable de salida comportamiento ambiental, mediante 16 reglas difusas. En la ecuación 3, se muestran cinco de las 16 reglas difusas obtenidas por el modelo.

1. *If (Actitudes is Alto) and (Creencias is Alto) then*
*Comportamiento=Actitudes*1.221+Creencias* 1.006+ 0.8569*
2. *If (Actitudes is Alto) and (Creencias is Medio-alto) then*
*Comportamiento=Actitudes*0.9213+Creencias*0.7827+ 0.502*
3. *If (Actitudes is Alto) and (Creencias is Medio-bajo) then*
Comportamiento=Actitudes-0.00876+Creencias* 1.028+ 0.1487*
4. *If (Actitudes is Alto) and (Creencias is Bajo) then*
*Comportamiento=Actitudes*0.4776+Creencias*0.9896+ 0.2455*
5. *If (Actitudes is Medio-alto) and (Creencias is Alto) then*
*Comportamiento=Actitudes*0.9277+Creencias*0.7315+ 0.6208*

Para observar la influencia de las variables de entrada en el comportamiento ambiental del consumidor, se generó su superficie lineal con relación a la variable de salida (ver Figura 3). Así como, la relación de actitudes y creencias en la generación de un comportamiento ambiental (ver Figura 4). Cada una en un rango de valoración de 1 a 5, que va de lo positivo a lo negativo.



System anfis: 2 inputs, 1 outputs, 16 rules

Figura 2. Estructura del sistema de inferencia difuso.

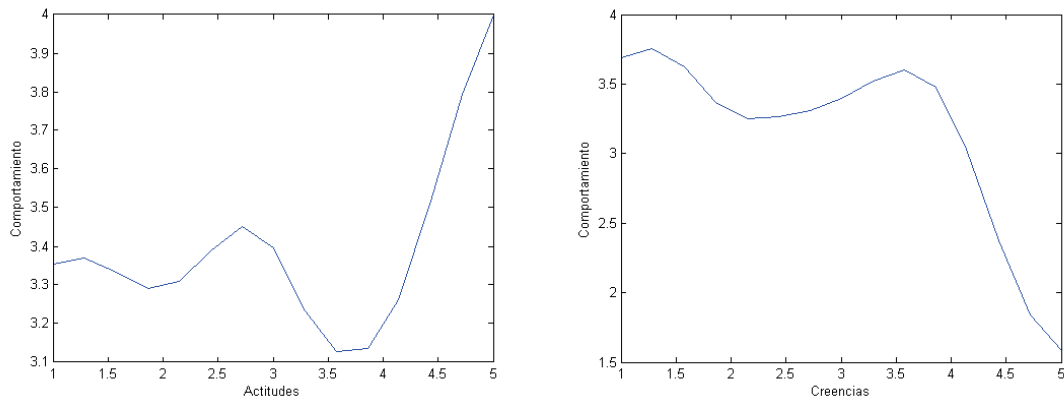


Figura 3. Superficies lineales de las variables de entrada, con respecto a la salida.

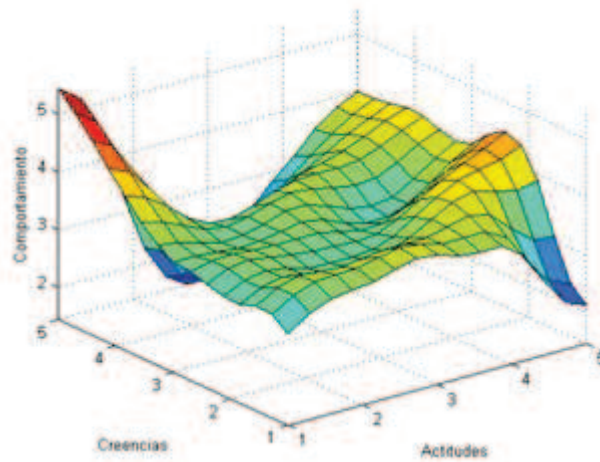


Figura 4. Superficie de las variables de entrada actitudes y creencias con respecto a la variable de salida comportamiento ambiental.

4. Conclusiones

Existen diferentes perspectivas en el análisis del comportamiento del consumidor para determinar un comportamiento ambiental y una gran cantidad de factores involucrados. En esta investigación, se analizaron actitudes y creencias relacionadas a la generación de un comportamiento ambiental. Se encontró que las actitudes por sí solas no alcanzan niveles positivos en el comportamiento del consumidor, sobresalen las actitudes que muestran indiferencia en las prácticas proambientales del consumidor, con excepción de las actitudes negativas, ya que vuelven pasivo su comportamiento ambiental.

Con relación a las creencias, el comportamiento ambiental del consumidor se mantiene constante en la indiferencia, alcanzando un nivel positivo de comportamiento cuando las creencias se tornan negativas. Lo que significa que cuando el consumidor posee creencias positivas, no necesariamente realiza comportamientos ambientales, ya que están involucrados otros factores que intervienen en el desarrollo de una conducta a favor del ambiente.

Cuando se relacionan actitudes y creencias en el análisis del comportamiento ambiental en los consumidores de la ciudad de Mexicali, se observa que éste desarrolla comportamientos positivos cuando posee creencias positivas, sin importar el nivel de actitud con el que se cuente, o cuando las creencias son negativas y las actitudes oscilan entre realista e indiferente. Sin embargo, se encuentran comportamientos negativos hacia el medio ambiente cuando las actitudes son positivas y las creencias negativas.

Es importante mencionar que los niveles de comportamiento ambiental manejados están basados en el estudio de factores que motivan e inducen al consumidor a desarrollar un determinado comportamiento de consumo, entre los utilizados encontramos: sociodemográficos, psicográficos, hábitos de consumo, prácticas proambientales, situacionales y ambientales. Para ello, se aplicó la técnica ANFIS para determinar cómo las actitudes y creencias afectaron el comportamiento ambiental en los consumidores de esta ciudad.

Referencias Bibliográficas

- [1] Tsarenko, Y., Ferraro, C., Sands, S., & McLeod, C. (2013). Environmentally conscious consumption: The role of retailers and peers as external influences. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 1–9.
- [2] Ramanaiah, N., Clump, M., & Sharpe, J. (2000). Personality profiles of environmentally responsible groups. *Psychological Reports*, 87, 176-178.
- [3] Chan, R., & K. (2001). Determinants of Chinese consumers green purchase behavior. *Psychology and Marketing*, 18(4), 389-413.
- [4] Santasmases, M., 2001. Dyane. Diseño y análisis de encuestas en investigación social y de mercados. Versión 2. Pirámide.
- [5] García, R., & Real, E. (2001). Valores, actitudes y creencias: Hacia un modelo predictivo del ambientalismo. *Medio ambiente y comportamiento humano*, 2(1), 21-43.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] Selfa, T., Jussaume, R. a., & Winter, M. (2008). Envisioning agricultural sustainability from field to plate: Comparing producer and consumer attitudes and practices toward “environmentally friendly” food and farming in Washington State, USA. *Journal of Rural Studies*, 24(3), 262–276.
- [9] Blackwell, R., Miniard, P., & Engels, J. (2002). Comportamiento del Consumidor, Novena edición, pp. 1-592.

- [10] Zagata, L. (2012). Consumers' beliefs and behavioural intentions towards organic food. Evidence from the Czech Republic. *Appetite*, 59(1), 81–9.
- [11] Lea, E., & Worsley, A. (2008). Australian consumers' food-related environmental beliefs and behaviours. *Appetite*, 50(2-3), 207–14.
- [12] Jang, J. S. R. (1993). ANFIS: Adaptive network-based fuzzy inference systems. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 23, 665–685.
- [13] Akkoç, S. (2012). An empirical comparison of conventional techniques, neural networks and the three stage hybrid Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) model for credit scoring analysis: The case of Turkish credit card data. *European Journal of Operational Research*, 222(1), 168–178.
- [14] INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010). Censo de población y vivienda 2010. Encontrado en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?src=487&e=2>
- [15] INE. Instituto Nacional de Ecología. (2010). Generación y composición de los residuos sólidos municipales. Encontrado en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/128/cap3.html>
- [16] Wier, M., Block, C., Jensen, J., Pedersen, O., Keiding, H., & Munksgaard, J. (2005). Evaluating Sustainability of Household Consumption - using DEA to Measure Eco-efficiency and Assess Environmental Performance, *Economic Systems Research*, 17, 425-448.
- [17] Barr S, Ford N.J., & Gilg, A.W. (2003). Attitudes towards recycling household waste in Exeter, Devon: quantitative and qualitative approaches. *Local Environ*, 8(4), 407–21.
- [18] Bigné, E. (1997). El consumidor verde: bases de un modelo de comportamiento. *ESIC Market*, abril-junio, 29- 43.
- [19] Katz, D., & Stotland, E. (1959). A preliminar statement to a theory of attitudes structure and change, en S. KOCH, *Psychology: A study of a Science*, 13, McGraw-Hill.
- [20] Ajzen, I. & Fishbein, M. (1977). Attitude-behaviour relations: A theoretical analysis and review of empirical research. *Psychological Bulletin*, 888-918.
- [21] Schifter, D., & Azjen, L. (1985). Intention, perceived control, and weight loss: An applications of the theory of planned behavior, *Journal of personality and social psychology*, 6, 649-744.
- [22] 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.
- [23] 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>

Prácticas de manejo del teléfono celular en estudiantes de educación media superior

¹Samantha E. Cruz Sotelo, ²Sara Ojeda Benitez, ²Hugo Favela Ávila, ³Socorro Ureña Valenzuela, ¹Wendolyn Aguilar Salinas

¹Facultad de Ingeniería, ²Instituto de Ingeniería, ³Facultad de Cs. Administrativas
Blvd. Benito Juárez s/n 21280 Col. Insurgentes. Mexicali Baja California México.
Tel/Fax. (686) 5664150. samantha.cruz@edu.uabc.mx

Resumen

El teléfono celular es uno de los dispositivos electrónicos de mayor demanda y cada vez más, forma parte del estilo de vida de nuestra sociedad, mostrando una notable presencia entre los jóvenes, por ello, es importante estudiar a este segmento y conocer sus prácticas de uso, consumo y disposición. Los teléfonos celulares en desuso representan oportunidades mediante la recuperación de materiales, pero también problemas ambientales y a la salud debido a las prácticas informales y falta de tratamiento. Se aplicó una encuesta a estudiantes de nivel medio superior a través de un método no probabilístico discrecional con el propósito de obtener información referente a los hábitos de consumo y conocimiento en el manejo del teléfono celular. Se observó que el 43% de los estudiantes cambio su celular en un periodo no mayor de seis meses y consideran las aplicaciones como primer atributo al momento de adquirirlo. El 47% asegura deshacerse de su celular al dejar de funcionar, el 6.6% lo tira directamente a la basura doméstica y el 28% lo guarda. Por lo anterior, es necesario desarrollar evaluaciones e implementar estrategias para el manejo sustentable de los celulares en desuso.

Palabras Clave: *Prácticas de consumo, teléfono celular, disposición, residuo electrónico*

1. Introducción

En el mundo, el uso del celular ha crecido de manera exponencial pasando de 4.6 billones de usuarios alrededor del mundo en el 2009, la mayoría de los cuales se encontraban en los países en desarrollo a 5.9 billones de suscriptores en 2011 [1], estimando para 2013 6.8 billones de suscriptores de los cuales el 76.6% se localizan en países en desarrollo [2]. En México el mercado de la telefonía móvil inició su operación en 1987 y ha experimentado un constante crecimiento en la última década, en el año 2000 su penetración superaba a la telefonía fija y para el año 2004 ya la duplicaba [3].

La adopción de la telefonía móvil por los jóvenes ha sido un fenómeno mundial en los últimos años. Ahora es una parte integral de la vida cotidiana de los adolescentes y es para la mayoría, la forma más popular de la comunicación. De hecho, el teléfono celular ha pasado de ser una herramienta tecnológica a una herramienta social [4], [5].

Aunque el uso primero de los teléfonos tradicionales eran para llamadas de audio, los teléfonos celulares hoy en día facilitan y promueven el manejo de otras características orientadas a la comunicación y el entretenimiento, tal como el servicio de mensajes cortos, mensajes multimedia, reproductor de audio y video, juegos, vídeo llamadas, etc. Estas características adicionales, aunado a un precio del teléfono celular asequible atrae a las personas en todos los ámbitos de la vida, incluyendo las generaciones más jóvenes.

La adopción de la telefonía móvil por los jóvenes ha sido un fenómeno mundial en los últimos años [6], ya que su uso aumenta la inclusión social y la conectividad [7], [8] refuerza las relaciones entre amigos y familias [9] y proporciona una sensación de seguridad, ya que puede ponerse en contacto con otras personas en situaciones de emergencia [10]. Algunos jóvenes creen que su estatus mejora si utilizan un teléfono celular de tecnología avanzada [11]. Se trata básicamente de una tecnología espacial que permite moverse con facilidad en diferentes y múltiples espacios sociales [12].

Aunque los beneficios son muchos, numerosos estudios también han demostrado que el uso del teléfono celular puede tener un impacto negativo en los usuarios y el medio ambiente. El uso de este dispositivo en aulas escolares inhibe el rendimiento cognitivo [13], el uso del teléfono celular mientras se conduce es un importante contribuyente a la distracción del conductor [14], [15], aumentando el riesgo de accidentes [16]. De acuerdo con [17], los conductores más jóvenes son más propensos a usar un teléfono celular mientras conducen. Otras consecuencias negativas por el uso del teléfono celular incluyen la dependencia o adicción, lo que eventualmente provoca otros problemas, que pueden ser de tipo emocional [18]. Incluso se han desarrollado investigaciones en el área de la salud humana tales como la relación causa-efecto entre el uso prolongado de teléfonos móviles o de latencia y aumento estadísticamente significativo del riesgo de tumor cabeza [19]. Los jóvenes piensan en su teléfono aun cuando no lo utilizan, (relevancia cognitiva: cognitive salience) y revisan constantemente sus teléfonos celulares para mensajes o llamadas perdidas (relevancia conductual: behavioural salience) [20], [21].

2. Metodología

Se aplicó una encuesta a estudiantes de nivel medio superior a través de un método no probabilístico discrecional con el propósito de obtener información referente al consumo, conocimiento y manejo del teléfono celular en desuso. La encuesta incluye apartados referentes al perfil del usuario, prácticas de consumo, hábitos de uso, prácticas de manejo y nivel de conocimiento. Se incluyeron reactivos para conocer cuáles son los atributos que el usuario considera al momento de la compra, además se buscó información referente a la vida útil del teléfono celular según este segmento de la sociedad. Finalmente, se identificaron las formas en que el teléfono celular llega al desuso. Con la información obtenida se generó una base de datos, posteriormente los datos fueron analizados mediante métodos estadísticos.

3. Resultados

Se aplicaron 129 encuestas a estudiantes de distintas escuelas de nivel medio superior. La encuesta fue analizada considerando los apartados incluidos en ella. Se definieron y evaluaron cuatro variables: prácticas de consumo, hábitos de uso, prácticas de manejo y nivel de conocimiento.

El 60% de los estudiantes encuestados son mujeres. Las edades del 94% de la población oscilan entre 15 y 18.

3.1. Prácticas de consumo (PC)

Se registraron 12 diferentes marcas de teléfonos celulares, de estas las más adquiridas son Samsung (27%), Nokia (20.3%) y LG (20.3%). En Figura 1 se observa la tendencia de la relación marca-adquirida/edad de usuario.

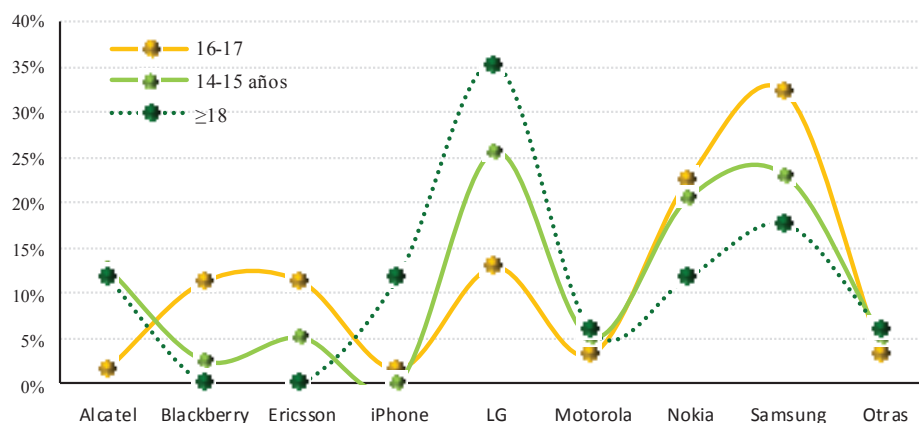


Figura 1. Correlación Marcas adquiridas por estudiantes-edad del usuario

A través de esta investigación se observó que el 60% de los estudiantes recarga su teléfono de 1-2 horas y el 32.5% realiza de tres a cuatro recargas por semana. La media de recarga del celular obtenida es de 12 horas/semana. Además, el 51.7% recarga su teléfono celular por un periodo de una a 8 horas/semana, el 29.17% de 9 a 16 horas/semana, el 8.33% de 18 a 24 horas y el 10.83% más de 27 horas/semana.

Los criterios que más importantes que consideran los estudiantes al adquirir un teléfono celular son las aplicaciones (43.3%), el precio (26.7%), la marca (17.5%) y estética (12.5%).

Referente a el número de teléfonos celulares que los estudiantes han utilizado en su vida, el 38.6% han tenido entre 3 y 4 mientras que el 28.3% ha tenido al menos seis.

El 97% de los estudiantes compró su teléfono celular en México, de los cuales el 5.6% son de segunda mano. En cuanto al precio de los celulares adquiridos por este segmento, se obtuvo que el 25.7% pagó hasta 1000 pesos. El 43.8% ha pagado entre 1000 y 2000 pesos, el 17% entre 2000 y 3000 pesos y el 13% más de 3000 pesos.

La Figura 2 muestra los factores que determinan el incremento en el volumen de teléfonos celulares en desuso. Se encontró que la pérdida de funcionalidad (47.1%) es el principal motivador del cambio. Sin embargo, más del 50% es por motivos distintos a la funcionalidad. De acuerdo a la Figura 3, el 15.9% de los celulares que no funcionan son desviados a reuso (robo/extravío), el 7.5% se puede asumir serán tratados de forma adecuada, ya que se refiere a los celulares que regresan a la compañía que presta el servicio. Sin embargo, el 29.4% evidencia la influencia de la cultura de consumismo (estética), por lo que resulta importante concientizar al segmento estudiado para un consumo responsable y consciente.

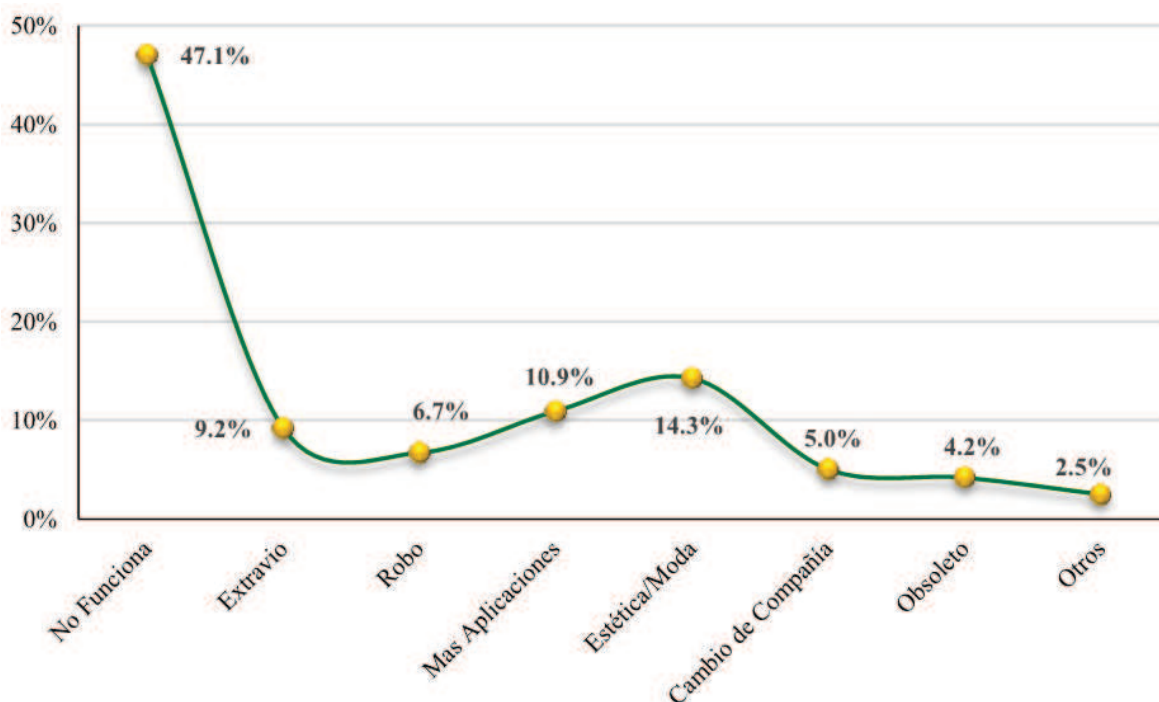


Figura 2. Motivos de cambio del teléfono celular entre estudiantes

3.3. Prácticas de manejo (PM)

Referente al manejo de teléfonos celulares se encontró que el 43.2% de los estudiantes coincide en que el tiempo de vida útil del celular no es mayor a seis meses. El 22% considera 12 meses de uso, el 9.3% dice que el tiempo de vida es de hasta 18 meses, y el 17% hasta 24 meses.

El 59.7% de los estudiantes almacena sus teléfonos celulares cuando ya no funcionan, esta práctica es independiente del sexo del usuario. El 28.7% asegura que los lleva a reparación, el 0.8% a centros de acopio y el 9.2% los tira a la basura. El 53% de los estudiantes encuestados tiene de uno a tres teléfonos celulares almacenados y el 5% siete o más.

El 55% de los estudiantes han utilizado equipos de segunda mano el 17.8% de los cuales fueron comprados. Además, el 36.4% de los estudiantes han reparado en alguna ocasión sus teléfonos celulares, de este grupo el 38.3% han extendido la vida útil del celular en periodos no mayores de 6 meses y el 19% lo utiliza actualmente.

3.4. Nivel de conocimiento (NC)

Con relación a los responsable del manejo de los celulares al final de su vida útil, el 37% de los encuestados le atribuye esta responsabilidad al fabricante, mientras que el 29% menciona que tanto el fabricante, como las autoridades municipales y el mismo consumidor son responsables del buen manejo de estos residuos. De acuerdo a la percepción de los estudiantes el costo por la implementación de programas de recolección/reciclaje lo debemos asumir tanto el gobierno, el fabricante y la población (96.9%).

La Figura 3 muestra el nivel de conocimiento del estudiante de nivel medio superior. El 76%

reconoce que los celulares en desuso representan un problema y que pueden ser aprovechados, el 32.6% sabe que requieren tratamiento. Sin embargo solo el 8.5% % mencionó conocer empresas dedicadas al manejo de equipos electrónicos al final de su vida útil y el 21.7% conoce de la existencia de centros de acopio.

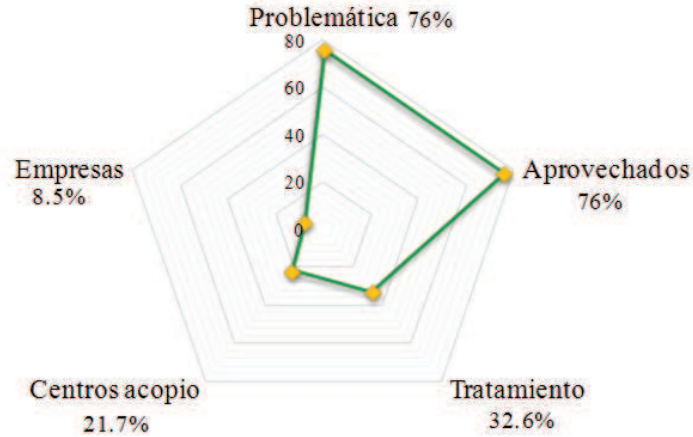


Figura 3. Percepción del usuario de telefonía celular

Por lo que resulta importante generar políticas para que las empresas asuman responsabilidad en la etapa de fin de vida de los teléfonos celulares. Además, promover lugares donde se pueda depositar los equipos en desuso y desviar a reacondicionamiento y reuso.

4. Conclusiones

La era de la modernidad, es dominada por la tecnología. La población se interesa por capacitarse en el manejo de las nuevas innovaciones que el ser humano crea; ya que ve una relación directa del desarrollo de estas con su bienestar. Diversas estrategias hacen posible la promoción de todo tipo de productos en la sociedad, provocando un impacto masivo que lleva a las personas el deseo de consumir cada día más productos tecnológicos, convirtiéndolos dependientes de estos productos en sus actividades cotidianas. El consumo desmedido de la sociedad sumado a la falta y/o ineficiencia de los organismos competentes para dar tratamiento a los residuos, contribuyen a graves riesgos para el medio ambiente y la salud humana.

El teléfono celular es una tecnología digital en constante expansión y evolución vinculada a aspectos económicos (cómo se utiliza), sociales y culturales (seguridad, privacidad, identidad, pertenencia, etc.) sin dejar de lado el tema de su gestión al convertirse en residuo.

A través de este estudio observamos que gran parte de los estudiantes se interesan por la problemática de los residuos y están de acuerdo en cambiar sus prácticas de manejo, sin embargo; se requiere implementar programas (manejo, concientización) que faciliten su gestión. La sociedad y las empresas somos responsables de las acciones; la responsabilidad de los gobiernos consiste en proporcionar la estructura estratégica e institucional que permita emprender estas acciones.

Referencias Bibliográficas

- [1] International Telecommunication Union (ITU). 2011. Key Global Indicators for the World Telecommunication Service Sector. http://www.itu.int/ITU-D/ict/statistics/at_glance
- [2] International Telecommunication Union (ITU). 2013. Key ICT indicators for developed and developing countries and the world (totals and penetration rates).
- [3] Mariscal Judith and Rivera Eugenio. 2007. Regulación y competencia en las telecomunicaciones mexicanas. Series: Estudios y Perspectivas, No. 83. United Nations, Economic Commission for Latin American and the Caribbean. México.
- [4] Srivastava L. (2005) Mobile phones and the evolution of social behaviour. Beh & IT111-129.
- [5] Cilliers M. J. & Parker M. B. (2005). The social impact of mobile phones on teenagers. Faculty of Informatics and Design Cape Peninsula University of Technology Cape Town, South Africa.
- [6] Sadaf Nawaz ,Zahoor Ahmad. (2012) Statistical Study of Impact of Mobile on Student's Life. Journal of Humanities and Social Science ISSN: 2279-0837, ISBN: 2279-0845. (2) 1, 43-49.
- [7] Mathews (2004). Psychosocial aspects of MP use amongst adolescents. InPsych, 26(6)16–19.
- [8] Wei R., & Lo V.-H. (2006). Staying connected while on the move: Cell phone use and social connectedness. New Media and Society, 8, 53–72.
- [9] Geser Hans (2004) Towards a Sociology of the Mobile Phone. In: Sociology in Switzerland: Sociology of the Mobile Phone. Online Publications. Zuerich. http://socio.ch/mobile/t_geser1.pdf
- [10] Fox Kate (2006) Society. In: The Carphone Warehouse, 2006. The Mobile Life Report 2006: How Mobile Phones Change the Way We Live. <<http://www.mobilelife2006.co.uk/>>
- [11] Ozcan, Y.Z., Kocak, A., 2003. Research note: A need or a status symbol? Use of cellular telephones in Turkey. European Journal of Communication 18 (2), 241–254.
- [12] Green, N., 2002. Who's watching whom? Monitoring and accountability in mobile relations. In: Brown, B., Green, N., Harper, R. (Eds.), Wireless Worlds: Social and Interactional Aspects of the Mobile Age. Springer, New York.
- [13] Shelton Jill T., Elliott Emily M., Eaves Sharon D., Exner Amanda L. (2009) The distracting effects of a ringing cell phone: An investigation of the laboratory and the classroom setting. Journal of Environmental Psychology 29, 513–521.
- [14] Ronggang Z., Pei-Luen Patrick R., Wei Z., Damin Z. (2012) Mobile phone use while driving: Predicting drivers answering intentions and compensatory decisions. Safety Science 50, 138–149.
- [15] Holland Carol, Rathod Versha (2013) Influence of personal mobile phone ringing and usual intention to answer on driver error. Accident Analysis and Prevention 50 (2013) 793– 800.
- [16] Pennay, D., 2006. Community Attitudes to Road Safety: 2008 survey report 3, 2008 Australian Department of Infrastructure, Transport, Regional Development and Local Government.
- [17] Leena Korpinena,b,*, Rauno Pääkkönen (2012) Accidents and close call situations connected to the use of mobile phones. Accident Analysis and Prevention 45 (2012) 75– 82
- [18] Ishfaq A., Tehmina F.Q. and Khadija A. P. (2011) Mobile phone to youngsters: Necessity or addiction African Journal of Business Manag 5(32), 12512-12519, ISSN 1993-8233©2011
- [19] Levis A. G., Minicuci N., Ricci P., Gennaro V. and Spiridione G. (2011) Mobile phones and head tumours. The discrepancies in cause-effect relationships in the epidemiological studies - how do they arise? Environ Health 2011, 10:59.
- [20] Walsh, S., White, K., 2006. Ring, ring, why did I make that call? Mobile phone beliefs and behaviour among Australian university students. Youth Studies Australia 25 (3), 49–57.
- [21] Walsh, S.P., White, K.M., Young, R.M., 2008. Over-connected? A qualitative exploration of the relationship between Australian youth and their mobile phones. J. Adolesc. 31, 77–92.

Hábitos de consumo y disposición de aparatos eléctricos y electrónicos en dos ciudades del noreste de México

María Eugenia González Ávila

El Colegio de la Frontera Norte, sede Monterrey, Río Panuco y Técnicos No. 277. Col Tecnológico. Monterrey, Nuevo León. CP. 64700; Email: megamar@colef.mx; megamarinera@yahoo.com.mx

Resumen

Se estudiaron hábitos de consumo y disposición de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) de las ciudades de Piedras Negras, Coahuila y Reynosa, Tamaulipas. Resultando, que de los 471 encuestados para ambas ciudades, el 70% fueron mujeres y 30% hombres; donde el nivel educativo del 50% de los encuestados fue de primaria y secundaria.

En lo que respecta adquisición de televisores, en el caso Piedras Negras el 43% de los encuestados cuenta con al menos un televisor mientras que en Reynosa el 34%. En ambas ciudades, prefieren televisores grandes (más de 21pulg.). Respecto a computadoras de escritorio, el 50% de los encuestados tanto de Reynosa como Piedras Negras indicaron contar con un aparato de este tipo, prefiriendo sobre las Laptops.

En teléfonos móviles (celulares) y fijos, en ambas ciudades indicaron tener al menos un teléfono, prefiriendo los celulares sobre teléfonos fijos. En lo que respecta a su disposición, es común que vendan o regalen su celular y en pocas ocasiones los tiraran, reciclan o pierden. En términos generales, el sitio donde adquieren los AEE es preferentemente México que Estados Unidos.

Si bien, las poblaciones de estas ciudades no son grandes consumidores de AEE, la forma en que manejan y disponen los AEE, nos ponen en alerta siendo que no se sabe con exactitud su destino final, sobre todo el de televisores y computadoras. Lo que lleva a preguntar ¿Qué pasa con estos equipos? Siendo que la única forma de deshacer de ellos, sería tirándolos en la vía pública o mezclándolos con los residuos domiciliarios. En cualquiera de los dos casos, serán colectados por los carretoneros (recolección informal) o por el servicio municipal de basura, lo que lleva a un problema potencial de contaminación en estas ciudades.

Palabras Clave: *Aparatos, Electrónicos, Hábitos, Noreste y Residuos.*

1. Introducción

El actual ritmo de vida de la sociedad de la tecnología usa cotidianamente aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) que puede ser desde los más pequeños como son los teléfonos móviles (celular) hasta los grandes televisores (más de 42 pulgadas) está originando serios problemas ambientales y de salud humana; sobre todo cuando terminan su vida útil y se convierte en residuos de AEE (RAEE), que generalmente son dispuestos en tiraderos a cielo abierto o vía pública (banquetas, parques, lotes baldíos, etc.).

Estos residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) se han clasificado como residuos peligrosos (RP), lo que llevo a establecer acuerdos multilaterales como el Convenio de Basilea, que se enfoca al manejo trasfronterizo y el convenio de Estocolmo para reducir o eliminarlos de forma adecuada [1]. Los RAEE pueden ser denominados también como *e-waste* (abreviación en ingles de *electronic waste*) o su equivalente *Waste Electrical and Electronic Equipment* (WEEE) u otros

términos conocidos como *e-scrap*, *e-trash*, *residuos electrónicos*, *residuo-e*, o simplemente *chatarra electrónica* [2].

Desafortunadamente, el manejo y disposición de los RAEE, tanto a nivel mundial como regional no necesariamente se dan bajo marcos legales adecuados que protejan el bienestar socio-ambiental y económico. Ejemplo de ello, son los casos *de países como*: China, India, Pakistán, Indonesia y Malasia, por mencionar algunos; en donde los trabajadores –por lo general trabajan en condiciones precarias– rescatan piezas y material que pueden reciclarse o venderse, mientras que el resto de los componentes se desechan como residuos peligrosos en cualquier sitio [2] incluyendo su vivienda, campos, pozos o cuerpos de agua.

En México, aun cuando los RAEE se mencionan en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, LGPGIR [3]; no existe una regulación específica para su manejo y disposición. Lo cual resulta preocupante si se considera que hay un incremento tanto en la manufactura como en el consumo de AEE y por ende en la generación de este tipo de residuos. Sin embargo, este aumento de RAEE no está a la par con el desarrollo de la infraestructura para su disposición pos-consumo. Cabe mencionar que durante el 2006, se realizó un primer inventario sobre la generación de RAEE en México, estimándose que se producirían entre 150,000 y 180,000 toneladas de este tipo de desechos [4].

Posteriormente, en el año 2008 se publica el “*Diagnostico regional sobre la generación de residuos electrónicos en el Noreste de México*” ; que identificó que los desechos electrónicos generados por los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, se estaban incrementando significativamente tanto a nivel industria electrónica como por consumo de AEE. Al tiempo, que se presenta una disminución del tiempo de sustitución de los aparatos y que en el caso específico de las ciudades fronterizas al tener vecindad con Estados Unidos de Norte América han facilita el consumo y traslado de AEE a bajo costo.

Así, nuestro país, se enfrenta a importantes retos en cuanto al manejo y disposición de los RAEE que se hace actualmente, lo cual se incrementara no sólo por la propia dinámica de consumo sino además por dos programas de política pública que se han puesto en marcha y se denominan: *Computadoras portátiles con conectividad*, que consiste en otorgar computadoras portátiles con conectividad a niños de 6to de primaria de escuelas públicas y: *Transición de la televisión analógica a la digital* [5]. Dichos programas en ningún momento ha considerado que estos AEE se trasformaran en RAEE y que no se cuenta con s regulaciones *ah doc*, hábitos de consumo y disposición sustentables, ni mucho menos con un Plan de Integral de Gestión de RAEE a nivel nacional.

Ante esta situación, el presente trabajo pretende presenta solo un panorama de hábitos de consumo y disposición de AEE que presentan dos ciudades del noreste (Piedras Negras, Coahuila y en Reynosa, Tamaulipas). Dicho estudio es parte del proyecto “*Análisis de ciclo de vida de residuos electrónicos y propuesta de manejo en ciudades fronterizas de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas*” realizado del 2011 al 2012 a solicitud de la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza, (COCEF) y el Instituto Nacional del Ecología (INE). En donde se detectó que tanto la ciudad de Piedras Negras como Reynosa, aun cuando no son grandes consumidores de AEE, ni tampoco los almacenan, reciclan, tiran, donan o pierden. Si llevó a nuevas incógnitas como: ¿Qué pasa con ellos, si no se reciclan, venden, etc.? y ¿Dónde van a parar? Siendo que la única forma de recolección formal es la municipal o la recolección informal (carretoneros), es probable que sean mezclados con residuos domiciliarios y vaya al tiradero del municipio, en donde contaminaran al resto de la basura y de ahí al medio ambiente. En caso, de que los carretoneros extraigan las piezas con materiales valiosos, el resto de los residuos terminara alrededor de su casa o en vía pública. En

ambos casos, la disposición inadecuada constituye un peligro latente tanto para los ecosistemas como para la salud humana, debido a que el tipo de sustancias contenidas en los RAEE son altamente peligrosas.

2. Desarrollo

2.1. Metodología

En este trabajo se aplicó una encuesta adaptada del “*Diagnóstico de la generación de residuos electrónicos en la región noreste*” a 235 viviendas habitadas en Piedras Negras, (Coahuila) y 236 en Reynosa, (Tamaulipas). Los datos obtenidos se capturaron y se les dio un tratamiento estadístico básico. La metodología comprendió dos fases:

- 1) **Trabajo de gabinete.** que comprendió la búsqueda de información y datos se obtuvieron a partir la consulta de páginas electrónicas de Comisión Nacional Población (CONAPO), Instituto Nacional de Ecología (INE), Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI); Plataforma Regional de Residuos Electrónicos en Latinoamérica y el Caribe (RELAC); Agencia de Protección Ambiental (Siglas en inglés, EPA) y de Gobiernos de los municipios de Reynosa, Tamaulipas; Piedras Negras, Coahuila. Además, se consultaron: el “*Diagnostico sobre generación de residuos electrónicos de México*” [5] y el “*Diagnóstico de la generación de residuos electrónicos en la región noreste*” [4] entre otros documentos.
- 2) **Trabajo de campo y manejo de datos,** la primera actividad comprendió la aplicación de la encuesta y levantamiento de cuestionarios, para lo cual previamente se realizó:
 - a) Cálculo de número de muestra representativa para cada ciudad mediante un “Muestreo Aleatorio Simple”; que es la manera más sencilla de hacer muestreo considerando que cada elemento de la población tiene la misma probabilidad de ser elegido y que la población es idéntica en todas las extracciones de muestreo.

Dicha característica es irrelevante si el tamaño de la población (N) es grande en relación al tamaño de la muestra (n). Así, tenemos varias formas de calcular el “n”, número de elementos de la muestra.

La forma en que se calculó el tamaño de la muestra por ciudad fue con la ecuación (2.1):

$$n = \frac{Npq}{(N-1)D+pq} \quad (2.1)$$

Donde:

N= es el tamaño de la población

Los valores “p” y “q” cumplen que “p + q = 1” y generalmente se acepta que “p = q = 0.5. Además “p x q” es la variancia de una distribución binomial de una pregunta dicotómica, contenían más de tres opciones de respuestas posibles.

Si bien este modelo es bastante teórico es un método muy usado para aproximar un valor de “n” entrevistados, cuando se realiza investigación social.

En el caso del cálculo de D se realizó mediante la ecuación (2.2):

$$D = \frac{B^2}{4} \quad (2.2)$$

Donde:

D= es un valor que se vincula al error de estimación

B= es el error de estimación que se debe fijar y generalmente fluctúa entre 0.01 y 0.10

Por lo que, considerando las viviendas particulares habitadas en Piedras Negras y Reynosa con un error de estimación del 6.5%.

Cuadro 2.1. Cálculo de número de encuestas para cada ciudad

	Piedras Negras		Reynosa	
N	36,318		125,446	
p	0.50		0.50	
q	0.50		0.50	
B	0.065		0.065	
D	0.00105625		0.00105625	
n	9079.5	235	31361.5	236
	38.6108875		132.7523375	

- b) La adecuación del formato de la encuesta, a fin de facilitar a los encuestados la aplicación del cuestionario.
- c) Se impartió un taller de capacitación de RAEE por ciudad, con el fin de que los encuestados conocieran el tema y se familiarizaran con el formato de encuesta.
- d) Los encuestadores aplicaron el cuestionario en cada ciudad, acorde con el número de viviendas representativas por estrato socioeconómico.

La segunda actividad (manejo de datos), comprendió la captura y sistematización de los datos obtenidos en una hoja de Excel para exportar al Programa Statistic System Probabilistic (SSP) y así realizar los cruces entre preguntas y respuestas. Esto permitió, conocer las proporciones de consumo y disposición de televisores, computadora, y teléfonos celulares y no celulares, de las ciudades en estudio.

3. Resultados

En términos generales, los resultados se traduce en que el 70% de los encuestados fueron mujeres y 30% hombre. Además el 50% de esta población tiene un nivel educativo de primaria y secundaria. En cuanto a adquisición de televisores, se presenta en mayor proporción en Piedras Negras (43%) que en Reynosa (34%); el tamaño de televisor que prefieren las poblaciones de ambas ciudades es el televisor grande (más de 21") sobre el mediano (17" a 21") o chico (menos de 17"). La adquisición del equipo se hizo en México desde hace algunos años y no tienden a almacenar, vender, reciclar, perder o tirar a la basura este tipo de AEE.

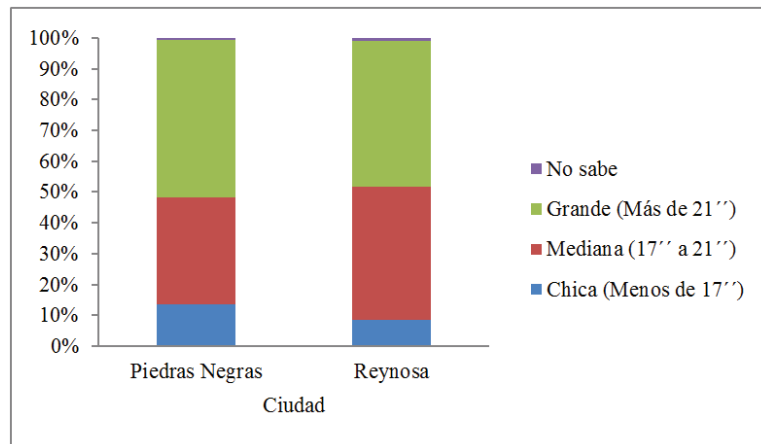


Figura 3.1. Tipo de televisor en uso por tamaño en cada ciudad

En lo referente a computadora el 40% de los entrevistados en Piedras Negras y el 58% en Reynosa indicaron que no contar con ningún computadoras en casa. En tanto, que los cuentan con computadora indicaron en ambas ciudades que prefiere las computadoras de escritorio (PC) sobre las computadoras portátiles (Laptops). En ambas ciudades, la mayor parte de los entrevistados indicaron que no almacena, vender o tirar, sin embargo mencionan haber llegado a regalar al menos un aparato de este tipo. En lo referente a la adquisición, se realizó en México desde hace algunos años.

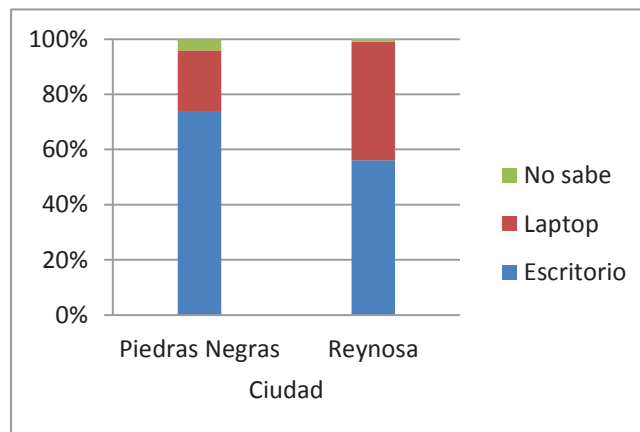


Figura 3.2. Tipo de computadoras disponibles por ciudad en estudio

En el caso de teléfonos celulares y no celulares, tanto los encuestados de Piedras Negras como Reynosa, indicaron que prefieren los celulares sobre los no celulares, esto se denota en el número de aparatos nacionales adquiridos desde hace algunos años. Aunque en ocasiones si llegan almacenar al menos uno teléfono de este tipo, pero es poco frecuente siendo que los venden o regalan, aunque muy pocos lo tiran a la basura, reciclan o pierden.

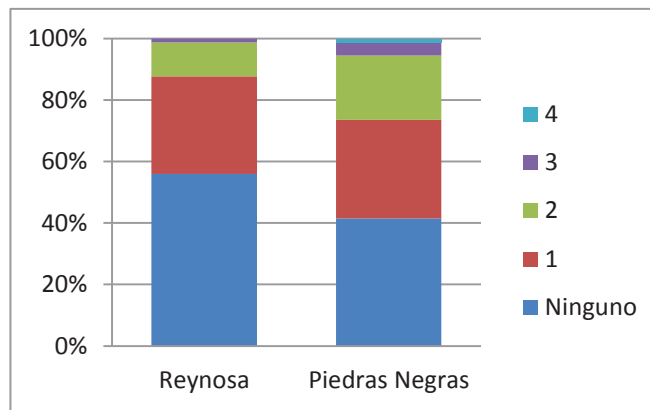


Figura 3.3. Proporción de teléfonos fijos disponibles en casa por ciudad

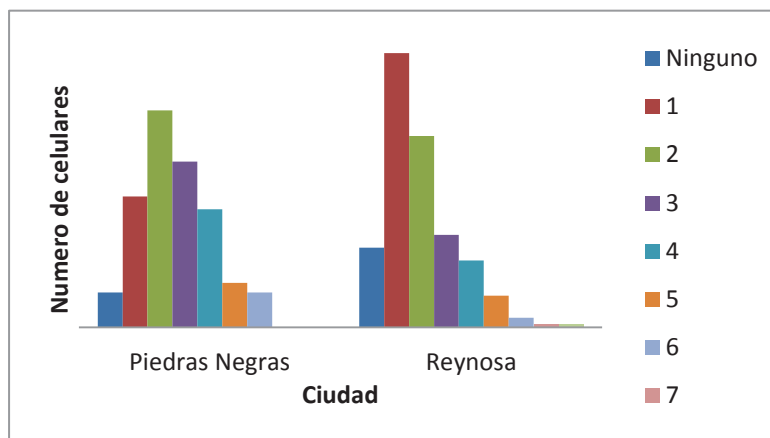


Figura 3.4. Número de teléfonos celulares disponibles por ciudad

4. Conclusión

Si bien ambas ciudades (Piedras Negras, Coahuila y Reynosa, Tamaulipas) no parecen ser grandes consumidores de aparatos electrónicos y eléctricos, si enfrentan el problema de no disponerlos de manera adecuada, siendo los resultados indicaron que no los tiran, almacenan, venden, reciclar o donan. Lo cual, nos lleva a la incertidumbre de no saber que pasa y lo más grave ¿Dónde va a parar? Siendo que la única forma de recolección formal en ambas ciudades la realiza el servicio municipal de limpieza mientras que la recolección informal la realizan los carretoneros. En ambos casos, al no existir un plan de gestión de RAEE, surge el problema de contaminación de la basura al mezclarse, la mala disposición final y con ello el potencial riesgo para salud de las poblaciones humanas que habita en esta región del país.

Agradecimientos

Dr. Jesús Fraustro Ortega y M.A. Juan Parra Ávila colaboradores en las sede del El Colegio de la Frontera Norte en Nuevo Laredo, Tamaulipas y Piedras Negras, Coahuila. Así como a los encuestadores de ambas ciudades que participaron en este proyecto.

Referencias Bibliográficas

- [1] Ponce de León, V. 2009. Ponce de León M. J, 2009, “Problemas de interpretación, aplicación y vacíos de la legislación ambiental municipal”, *Instituto Nacional de Ecología*, SEMARNAT, Consultado el 22 de marzo del 2012, en:
<http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/9/amejia.htm>
- [2] Fundación Casa de la Paz-Recycle Chile, 2007. Residuos electrónicos la nueva basura del siglo XXI. Consultado el 11 de enero del 2011. En: http://www.maydaynetwork.cl/wp-content/uploads/2010/05/Residuos_electronicos-la-nueva-basura-del-siglo-XXI.pdf
- [3] Diario Oficial de la Federación (DOF), 2013. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, LGPGIR. Consultado el 22 de mayo del 2011. en:
<http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263.pdf>
- [4] Instituto Nacional de Ecología- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (INE-SEMARNAT), 2008. Diagnostico Regional sobre la Generación de Residuos Electrónicos al final de su vida útil en la región noreste de México. Consultado el 12 de marzo del 2011 en:
<http://www.residuoselectronicos.net/archivos/documentos/diagnosticosobregeneraciondebasuraelectronicaenmexico.pdf>
- [5] LXII Legislatura, Cámara de Diputados, 2013. Pacto por México: Comparativo de los 95 puntos del pacto con Iniciativas presentadas en la IX, LXI y LXII Legislaturas en la Cámara de Diputados (primera parte). Consultado el 22 de mayo del 2013. en:
<http://www.diputados.gob.mx/cedia/sia/spi/SAPI-ISS-05-13.pdf>
- [6] Instituto Nacional de Ecología- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (INE-SEMARNAT), 2007. Diagnóstico de la Generación de residuos electrónicos en México: Inventario Nacional. Consultado el 12 de marzo de 2011 en:
www.residuoselectronicos.net/.../LINEA_BASE_MEXICO_ROMAN.pdf

Acciones para enseñar y sensibilizar en el cuidado y preservación del recurso natural (playa) y su problemática con los residuos sólidos

¹Ernesto Pérez León, ²Roxana Pérez López, ²Lidia Silva Iñiguez, ¹Aurelio Guizar-Déniz

¹ Escuela Superior de Comercio Exterior. Universidad de Colima. Av. Elías Zamora Verduzco núm. 269. Barrio 3. Col. Valle de las Garzas. Manzanillo, Col. C.P.28219 01 (314) 33 3 13 60 eperez@ucol.mx

²Facultad de Ciencias Marinas, Universidad de Colima. Km. 20, carr. Manzanillo-Barra de Navidad. 01 (314) 33 11 205.

Resumen

Las playas atraen a turistas y visitantes durante todo el año, en ellas realizan actividades de diversión, deporte, descanso, y esparcimiento. Los residuos sólidos en las playas es uno de los contaminantes marinos de gran importancia, que a partir de los años setentas ha aumentado el interés científico, social y político. En el año 2011, se realizaron seis muestreos con la finalidad de coleccionar, clasificar y cuantificar los residuos sólidos depositados en dos playas del municipio de Manzanillo, “Miramar” con 4.5Km y “Audiencia” de 450 m., enseñar y sensibilizar a los alumnos de 6ºsem., de la Licenciatura de Comercio Exterior de la Universidad de Colima. Se coleccionaron 3912 objetos y se clasificaron en plásticos (1782), papel (1216), vidrio (268), unicel (222), metal (109) madera (96) material orgánico “restos de alimento” (98), desechos naturales (83) y otros (16) “colchón, calzado, sandalias, encendedores”. Los alumnos identificaron causas por las cuales se encuentran residuos sólidos. Además, en el año 2012, 10 alumnos impartieron pláticas en 3 escuelas primarias, sobre el cuidado del recurso natural (playa) y relación con los residuos sólidos.

Palabras Clave: *hábitos negativos, playas, residuos sólidos*

1. Introducción

La costa del estado de Colima está sujeta a fuertes presiones antropogénicas que han ocasionado problemas de contaminación, principalmente debido a los residuos sólidos que provienen de las actividades turísticas, urbanas, portuarias y pesqueras. El incremento de los residuos sólidos en las playas es un problema de gran preocupación, que afecta la ecología de la playa y trae consigo problemas como la reducción en el crecimiento económico, disminución en la calidad de vida de los habitantes (perdida de sitios para recreación y esparcimiento), molestias en la sociedad y grupos ambientales y aumento de riesgos a la salud humana [1]. La Universidad de Colima, ofrece la Licenciatura de Comercio Exterior que comprende 64 materias básicas (económicas, financieras, de gestión, logística portuaria, tráfico, legislación y aduaneras entre otras) y 19 materias de formación universitaria. Por lo tanto el plan de estudios no tiene materias con temas y actividades ambientales. Con la finalidad de enseñar y sensibilizar a 48 alumnos de 6ºsem., de la carrera de Comercio Exterior, el cuidado y preservación del recurso natural (playa) y su problemática con los residuos sólidos, se realizaron muestreos para recolectar, clasificar y cuantificar los residuos sólidos encontrados en la playa y escuchar sus puntos de vista en relación a los resultados obtenidos.

2. Desarrollo

2.1. Etapa de campo

En el municipio de Manzanillo del estado de Colima, México, en el periodo de septiembre a noviembre de 2011, se realizaron 6 muestreos en dos playas de la Bahía de Santiago: *Miramar*, con una longitud de 4.5Km, forma recta, con una pendiente de ligera a moderada, con arena fina a regular de color dorado y *Audiencia*, con una longitud de 450 m., una pendiente moderada al centro, forma de bolsillo, con arena de fina a regular de color café dorado y fondo negro. Estas dos playas se escogieron, por ser las más visitadas por turistas [2]. La colecta de los residuos sólidos se realizó de la siguiente manera: En los extremos de la playa se formó una fila de 14 alumnos para caminar en paralelo a la costa, recogiendo los residuos y en la mitad de la playa, se clasificaron en: Plástico, papel, vidrio, unicel, tela, metal, desechos naturales, material orgánico, madera y varios considerando la propuesta de grupos de basura de Silva I., 2002, [3]. Se les proporcionó a cada pareja, una bolsa negra y dos pares de guantes. Se cuantificaron y registraron en hojas blancas.

2.2. Etapa de gabinete

En el aula los profesores y alumnos crearon una base de datos, se utilizó el programa de Excel 2007; para que los participantes observaran e interactuaran, se proyectó la información y se analizaron e interpretaron los datos.

3. Resultados

Se realizaron 6 muestreos, se colectaron 3912 objetos, en Miramar 2851 (73%) y Audiencia 1061 (27%) como se muestra en la Tabla 1. De plásticos 1782 (bolsas, taparroscas, pedacería, juguetes, popotes, vasos y botellas); 1216 papel y cartón (colillas, cajetillas, servilletas, envolturas y empaques de alimentos); 268 vidrio (pedacería y botellas); 222 unicel (vasos y platos); 109 metal (botes y latas); 96 madera (pedacería); 98 material orgánico (cascaras de naranja, limón y pepino); 83 desechos naturales (hojas y ramas) y 16 otros (encendedores, sandalias y cepillo de dientes).

Tabla 1. Total de objetos por transecto

Fecha	Miramar	Audiencia
Sept.	1773	205
Oct.	496	187
Nov.	582	669
Total	2851	1061

Los objetos recurrentes en los 6 muestreos fueron: bolsas, taparroscas, botellas, cucharas, vasos de plástico; colillas y servilletas; pedacería de vidrio; corcholatas de metal y restos de alimento.

Los 10 objetos de mayor presencia en las playas lo muestra la Tabla 2.

Tabla 2. Top-ten, de los objetos en las playas

	Artículo frecuente	Número
1	Colillas de cigarros	889
2	Taparrosas	435
3	Pedacería de plástico	263
4	Popotes	224
5	Cajetillas de cigarros	199
6	Vasos de plástico	154
7	Pedacería de vidrio	143
8	Botellas de agua	140
9	Bolsas	131
10	Botes de refresco	112

Los docentes solicitaron a los alumnos sus puntos de vista en relación al los residuos sólidos encontrados: Obteniéndose las siguientes “Las personas que visitan las playas no las mantienen limpias, ya que siempre hay residuos sólidos”. “Hay residuos peligrosos en las playas (latas oxidadas, pedacería de vidrio entre otras) y su presencia pueden ocasionar accidentes a quienes las visitan”. “Los residuos sólidos llegan al mar por efecto del aire y el oleaje causando problemas a algunas especies marinas ya que pueden confundirlos con alimento”. “Los los restos de alimento en la playa, crean organismos como bacterias y hongos”. “La presencia de residuos sólidos en las playas afecta la calidad estética y paisajista”.

En el periodo de marzo a mayo de 2012, 10 alumnos impartieron 6 pláticas interactivas a 82 alumnos de 3 escuelas primarias de la localidad, donde difundieron los resultados, mostrando fotografías y realizando juegos didácticos (memorama y lotería ecológica) para enseñarles la importancia del cuidado del recurso natural (playa) y su problemática con los residuos sólidos.

4. Conclusiones

Las personas necesitan redefinir sus valores y creencias y cuidar el recurso natural (playa), los malos hábitos que hemos mantenido durante años en relación con el ambiente, es tiempo de modificarlos [4].

Las causas por las cuales tiramos basura son: *Ignorancia*, se producen desechos constantemente, por el desconocimiento de los efectos nocivos que estos ocasionan a los habitantes y al ambiente; *Hábito*, tenemos dos hábitos: Producción y consumo, producimos un gran volumen de residuos, provocado por la gran cantidad de productos existentes en el mercado, cuyos envases o empaques terminan como material de desecho; *Irresponsabilidad*, actuamos contra las reglamentaciones, leyes, instituciones y disposiciones, sin saber que al hacerlo, actuamos contra nosotros mismos y *Pereza*, estamos acostumbrados a que otras personas hagan lo que nosotros debemos y podemos llevar a cabo. Se propone para poder disminuir la generación de residuos sólidos: Comprar y usar solo lo necesario. Reutilizar los productos de desecho cada vez que sea posible y reciclar [5].

En el manual de Ocean Conservancy del año 2004, estiman la permanencia de algunos artículos en el planeta como son botellas de plástico un millón de años, bolsas de plástico de 10 a 20 años y restos de alimentos de 2 a 6 meses, entre otros [6].

Una propuesta que podríamos considerar un estrategia preventiva, para minimizar los residuos sólidos en las playas, es la educación ambiental que buscar generar conocimientos, reconocer habilidades, fortalecer valores y promover actitudes de respeto hacia la protección y el mejoramiento del ambiente, esto con el fin de promover una acción participativa y lograr un bien colectivo común [7].

Los alumnos y profesores de Comercio Exterior que participaron en estas actividades aprendieron que todas las ciencias se interrelacionan y la problemática ambiental tienen injerencia con el movimiento económico (la importación y la exportación de productos y servicios) de una región, un estado y de una nación.

Referencias Bibliográficas

- [1] Silva Iñiguez, L. Gutiérrez Corona, C.G. Pérez López R. y Cervantes, O. Identificación y diagnóstico de las fuentes de la basura marina en la costa de Manzanillo, Colima, México, durante las campañas de limpieza 2003-2006. *La gestión integrada de playas y dunas: experiencias en Latinoamérica y Europa*. 2012 En: Rodríguez-Perea, A., Roig, X., Pons, G.X., Martín, J.A. y Cabrera, J.A. (eds.): Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 19: 137-148 Palma de Mallorca.
- [2] Laureano Nieves, K. Calidad ambiental en las playas de Manzanillo, Colima. 2005. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas, Universidad de Colima, México. 40p
- [3] Silva Iñiguez, L. Evaluación de la basura marina en la playa Municipal de Ensenada, B. C., 2002. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B. C., México. 182 p
- [4] Pérez López R. Silva Iñiguez L. Pérez León E. Gutiérrez Corona C. Educación Ambiental no formal y su relación con la basura marina. *Memoria electrónica del XVI Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar*. 2009. Colima. México.
- [5] Vogel Martínez, E. Alva Urdanivia, R. y Rivas Rodríguez E. Contaminantes del suelo y residuos sólidos. *Ciencia ambiental y desarrollo sostenible*. International Thomson Editores, 415-429. 1997. México, D.F.
- [6] Organización Internacional. Ocean Conservancy. Manual de bolsillo. 2004. USA.
- [7] Barraza Lomeli L. Educar para el futuro: En busca de un nuevo enfoque de Investigación en Educación Ambiental. Memorias Foro Nacional de Educación Ambiental. UAA, SEP y SEMARNAP. Morelia, Michoacán, México. 2007. Pp. 260

Comportamiento ecológico evaluado mediante una escala de actitudes en el Instituto Tecnológico de Tepic

¹Rosales Flores M. ²Saldaña Durán C. ³Maldonado-López L. ⁴Ruiz-Bernés Alejandro.

¹Instituto Tecnológico de Tepic, Av. Tecnológico No. 2595. Lagos del Country, C.P 63175, Tepic, Nayarit; México AP 343. E-mail: rosales_man@hotmail.com

²SaldañaDurán C. E. Universidad Autónoma de Nayarit. cesduran59@yahoo.com.mx

³L. Maldonado. Investigador del Departamento de Física Aplicada CINVESTAV-Unidad Mérida. maldonad@mda.cinvestav.mx

⁴Universidad Autónoma de Nayarit. Coordinador General de la Dirección de Seguimiento y Evaluación de Egresados. abernes@gmail.com

Resumen:

En el Instituto Tecnológico de Tepic se encuestó durante marzo del 2010 a un grupo de 150 estudiantes de cinco diferentes carreras, 50 docentes y 30 administrativos. La encuesta se compuso en un conjunto de 14 preguntas distribuidas en cuatro secciones: I) conocimiento, II) percepción, III) actitud y IV) propuesta. Las respuestas de la encuesta mostraron claramente diferencias y similitudes de las opiniones de los encuestados, permitiendo elaborar una base de datos con 3 220 respuestas. Los resultados muestran que gran parte de los encuestados están dispuestos a participar en cuestiones ambientales. Se propone que la base de datos pueda servir para la elaborar y establecer un Programa y Gestión de Residuos Sólidos Urbanos en el ITT.

Palabras clave: *Ambiente, análisis, educación ambiental, percepción ambiental.*

1. Introducción

En los últimos años hemos vivido cambios ambientales y de consecuencias irreparables por el crecimiento e incremento poblacional, económico y urbano. Un ejemplo de ello es Tepic, México, entre otras ciudades del mundo. Por tal motivo se ha procurado incluir a las organizaciones, escuelas y sociedad en general, en el cuidado del medio ambiente [1]. En particular en relación con el manejo y la gestión integral de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU).

Actualmente, las instituciones de educación superior (IES) desarrollan nuevas propuestas curriculares cuyo objetivo es lograr cambios en la actitud, conocimiento y comportamiento de los estudiantes y sus egresados hacia el medio ambiente y el manejo de los RSU. Esto incluye, por ejemplo, volver prácticas diferentes materias que anteriormente eran teóricas [2].

Con el objetivo de obtener datos con miras a la elaboración de un Programa de Educación Ambiental y manejo integral de RSU para el Instituto Tecnológico de Tepic (ITT) fue aplicada una encuesta cuyos resultados se presentan en este trabajo.

2. Metodología

Población y muestra.

El universo considerado en este estudio fue de 3 847 sujetos integrantes de la comunidad educativa. Esta cifra fue obtenida, de la administración del ITT y representaba el total de la población en el año de 2009. Para obtención del tamaño de la muestra consideramos un nivel de confianza de 95 %, permitiendo un error de muestreo de 0.05. El tamaño de la muestra global resultó ser de 230 sujetos. Se optó por realizar un muestreo estratificado, para cuya obtención se utilizó la fórmula en la ecuación 1, líneas abajo, arrojando la cantidad de 50 sujetos para los académicos, 30 para los administrativos y 150 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).

$$n = \frac{0.25N}{\left(\frac{\alpha}{z}\right)(N1)+0.25} \quad (1)$$

Instrumento

La encuesta elaborada, según se describe en el párrafo anterior, fue utilizada como instrumento de evaluación. Las preguntas formuladas fueron cerradas (el sujeto seleccionaba la opción que él consideraba que mejor representaba su opinión). La encuesta estaba integrada por 14 preguntas con opciones, agrupadas en cuatro secciones. Las preguntas se describen a continuación como P1 hasta P14. Las secciones **I-IV** son,

I.- Conocimiento, P1. -¿Qué problemas causa la basura en la institución?, Opciones: a) contaminación, b) suciedad en instalaciones?, **P2.**- ¿Qué tipo de basura desecha con más frecuencia? Opciones: a) orgánico, b) inorgánico, **P3.**- ¿Cómo maneja se maneja la basura en la institución? Opciones: a) se almacenan, b) se transportan a centros de acopio.

II.- Percepción, P4.-¿Cuál es el problema ambiental más importante en el mundo?- opciones: a) el cambio climático, b) la destrucción de la capa de ozono; c) la sobrepoblación. **P5** ¿Qué importancia se le da al problema de los RSU en el ITT? Opciones: a) mucha, b) poca. **P6.**- ¿Qué piensa de la limpieza en el instituto tecnológico de Tepic? Opciones: a) es buena, b) es mala.

III.- Actitud, P7.- ¿Dónde tira Ud. la basura?. Opciones: a) Si hay contenedor ¿desecha sus RSU en el contenedor?, b) Si no hay contenedor, ¿guarda sus RSU para desecharlos adecuadamente, posteriormente? **P8.**- ¿Si ve basura en los pasillos que actitud toma?. Opciones: a) la recoge para depositarla en el contenedor, b) la ignora, **P9.** ¿Si ve que alguien deposita RSU fuera de los contenedores, ¿Qué hace? Opciones: a) lo ignora, b) lo invita a depositarla en los botes, **P10.**- ¿Cuál es su actitud al comprar, usar y desechar un producto? Opciones: a) lo deposita en el contenedor, b) lo almacena para depositarlo después.

IV.- Propuestas, P11.- ¿Qué propuesta haría usted para mejorar el manejo de los residuos en el Tecnológico? Opciones: a) Separar la basura para que reciclen los que recolectan, b) cambiar los hábitos de compra, comprar solo lo necesario. **P12.**- ¿Propondría algún programa de reciclaje en el tecnológico? Opciones: a) si, b) no. **P13.**- ¿Cuál cree que sería lo más adecuado para mejorar el manejo de los RSU en el ITT? Opciones: a) disponer de botes y personal para recolectar los RSU,

b) establecer programas sobre educación ambiental, concientización y separación de RSU. **P14.-** ¿Está dispuesto a participar en programas ambientales? Por ejemplo: a) reciclaje de RSU, b) colaborar en alguna organización en defensa del ambiente.

Las encuestas fueron distribuidas y aplicadas en las distintas carreras que se imparten en el ITT. (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Distribución entre las diferentes carreras del total de las encuestas aplicadas a los estudiantes y personal académico y administrativo.

<i>Categorías</i>	<i>Semestre</i>	<i>No. de encuestas</i>
<i>Química</i>	2	30
<i>Ing. Sistemas</i>	5	30
<i>Arquitectura</i>	3	30
<i>Ing. Civil</i>	1	30
<i>Administración</i>	6	30
<i>Académicos</i>		50
<i>Administrativos</i>		30
Total		230 encuestas

Análisis de datos.

El análisis de los datos se realizó a través del programa Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (SPSS) 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

La Figura 1 representa los porcentajes totales de los sujetos encuestados que tienen **conocimiento** y **percepción** de la problemática acerca del manejo de los RSU, mostrando cierta **actitud** y **propuestas** ante dicha problemática. Podemos ver que los académicos muestran un mayor conocimiento sobre el manejo de los RSU y que son más propositivos que los administrativos. Los administrativos están en el nivel más bajo en las cuatro rubros evaluados. Los estudiantes están en un nivel intermedio entre los tres grupos, aunque con un 100%, son tan propositivos como los académicos. Sin embargo, se puede notar que los tres grupos evaluados identifican la problemática ambiental en la institución y fuera de ella, debido a que muestran porcentajes de más del 70 % en los cuatro temas de evaluación y por el nivel de interés y disponibilidad que muestran para, realizar acciones que mejoren el ambiente. La respuesta que obtuvo el mayor porcentaje fue la de establecer algún programa de reciclaje en el ITT. Los académicos y estudiantes la apoyaron en un 100% y los administrativos con el 95 %.

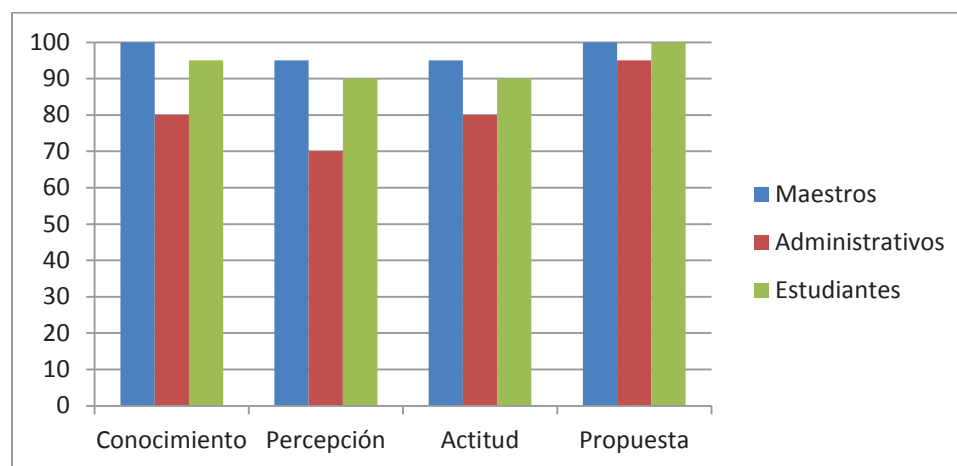


Figura 1. Porcentajes totales de sujetos que conocen, tienen buena percepción del manejo de los RSU y muestran buena actitud y propuestas acerca del tema, en el ITT.

3.1. Discusión

En este estudio, se comparan las listas de chequeo en los diferentes estudios realizados de cuestionarios sobre problemas ambientales. Con las respuestas de este trabajo se pueden comprobar que es difícil la equivalencia entre ellos, por la evolución o los cambios en las actitudes hacia el medio ambiente. En este estudio, el contenido de la escala se centra en cuatro secciones: conocimiento, percepción, actitud y propuesta hacia el medio ambiente [3]-[4]-[5]-[6]-[7]-[8].

4. Conclusión

En nuestros resultados, se concluyó que los maestros, administrativos y estudiantes tienen la educación formal adecuada para dar continuidad a 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 relacionadas a la protección del medio ambiente, aprovechando que se cuenta con la infraestructura necesaria para llevar a cabo un programa de este tipo. Finalmente, podemos recomendar usar los datos que aporta este trabajo y un análisis más exhaustivo de los datos contenidos en la encuesta para planificar, elaborar y establecer un Programa Institucional de Desarrollo Sostenible que oriente no sólo las acciones dentro de la escuela, sino que se proyecte a la población en general que permita coadyuvar en el manejo y gestión integral de los RSU, mejorando así, el medio ambiente. 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.

Referencias Bibliográficas

- [1] Castro Cuellar A. Cruz Burgete J. et. (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] Baldi López, Graciela; García Quiroga, Eleonora. (2005). Calidad de vida y medio ambiente. La Psicología ambiental. Universidades, julio-diciembre, pp. 9-16.
- [4] Baldi López, Graciela; García Quiroga, Eleonora. (2006). Una aproximación a la psicología ambiental. Fundamentos en humanidades. Universidad Nacional de San Luis, año VII, No. I, pp. 157-168.
- [5] Fernández Moreno Yara. (2008) ¿Por qué estudiar las percepciones ambientales? Una revisión de la literatura mexicana con énfasis en Áreas Naturales Protegidas. Espiral, vol. XV, núm. 43, septiembre-diciembre, 2008, pp. 179-202, Universidad de Guadalajara México.
- [6] Nuévalos, C. (2008). Desarrollo moral y valores ambientales. Tesis doctoral. Universidad de Valencia.
- [7] Tabara, Davit. (2006). Opinión pública y medio ambiente. Monografías de educación ambiental. El estudio de la percepción social del medio ambiente. 1º. Ed. GRAÓ, de IRIF, SL. ISBN 84-7827-436-7
- [8] Aragonés J. I. *et al.* (2006), Cuestiones ambientales que se perciben como problemas. Medio ambiente y comportamiento humano, 7(2), 1-19. Tenerife, España.
- <http://www.aguaydesarrollosustentable.com/200310/Articulo5.html>

Clusterización difusa: una herramienta para identificar perfiles de comportamiento ambiental

¹ Wendolyn Elizabeth Aguilar Salinas, ² Sara Ojeda Benítez, ³ Hugo Favela, ⁴ Samantha Cruz Sotelo.

¹Profesora de la Facultad de Ingeniería, UABC. Universidad Autónoma de Baja California, Blvd. Benito Juárez y Calle de la Normal S/N, Insurgentes Este, C.P. 21280, Mexicali, Baja California, México, Tel: (686)5664150. E-mail: aguilar.wendolyn@uabc.edu.mx ²Profesora e Investigadora del Instituto de Ingeniería, UABC. ³Profesor de la Facultad de Pedagogía e Innovación Educativa, UABC.

Resumen

El proceso de compra es complicado e involucra una serie de características, desde la necesidad de adquirir un producto hasta su posterior desecho, y el agregarle la parte ambiental lo hace aún más difícil. Es por esto, que identificar los factores que lo modifican, permite determinar perfiles de consumo ambiental. Para realizar este trabajo se obtuvo información de una encuesta que se aplicó a una muestra representativa de la población, para disminuir la complejidad de su análisis se utilizó la clusterización neuro-difusa basada en la técnica de Mamdani. Se obtuvieron tres perfiles de consumo ambiental, basado en las funciones de membresía y las reglas difusas generadas. Las diferencias entre los perfiles encontrados se presenta en las prácticas proambientales que corresponden a la reducción en el consumo, reuso, reciclaje, así como en los factores situacionales y ambientales de la vivienda, que afectan un comportamiento ambiental. La descripción de cada perfil permite identificar las características que lo motivan a consumir e incluir en su consumo el criterio de protección del ambiente, también proporcionan información para buscar estrategias de concientización para los consumidores que no buscan la protección del ambiente.

Palabras Clave: *Clusterización neuro-difusa, consumo ambiental, proceso de compra, residuos sólidos.*

1. Introducción

El comportamiento del consumidor y su interacción con el medio ambiente está asociado a la conciencia ambiental, cuyas dimensiones (conocimiento del medio ambiente, los valores, las actitudes, la voluntad de actuar y los comportamiento reales) están influidas por factores intencionales y situacionales [1]. Para explicar los perfiles de comportamiento ambiental del consumidor, se deben identificar las características que motivan a los consumidores a desarrollar comportamientos protectores del ambiente. En las últimas décadas, se han realizado estudios para analizar las variables que influyen en el comportamiento ambiental. El vínculo entre las actitudes y el comportamiento [2]-[4] se ha establecido empíricamente, pero es necesario identificar con mayor precisión las actitudes, que permitan modificar el comportamiento ambiental del consumidor. Para promover un cambio en la conducta del consumidor, es necesario desarrollar un modelo que promueva las prácticas de reducción, reutilización y reciclaje de materiales (3R's) [5], así como otros factores que influyen en el comportamiento del consumidor, y que afectan el comportamiento ambiental. Entre ellos están, los factores socio demográficos, psicográficos, de información y conocimiento medioambiental, hábitos de consumo, prácticas pro ambientales y variables situacionales y ambientales [1], [6]-[8].

Para disminuir la complejidad del análisis de las variables involucradas en el comportamiento ambiental del consumidor, se usan las herramientas de inteligencia artificial, las cuales pueden ser aplicadas a problemas complejos donde no se tiene un algoritmo específico de resolución. Una de estas herramientas es la técnica genfis2, la cual genera una estructura del sistema de inferencia difuso a partir de la base de conocimiento utilizando una agrupación substractiva, determinando el número de reglas y funciones de membrecía de los antecedentes, siguiendo por una estimación lineal de mínimos cuadrados para determinar los consecuentes de cada regla.

2. Materiales y métodos

2.1 Sitio de estudio

Mexicali, capital de Baja California, México, representa cerca del 18% de la superficie total del estado y 0.7% del país, este porcentaje corresponde a 13,936 Km², y una población de 936,826 habitantes [9]. Geográficamente se ubica al norte del país y colinda al norte y al este con Estados Unidos de América.

2.2. Identificación tamaño de muestra

Para la realización de esta investigación se determinó el número de viviendas por estrato socioeconómico mediante una muestra representativa de las viviendas de la ciudad, con una confiabilidad del 90% (ver Tabla 1).

Tabla 1. Cantidad de viviendas esperadas y analizadas por estrato socioeconómico.

Estrato Socioeconómico	Cantidad Esperada	Cantidad Analizada
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. Clusterización substractiva basada en un sistema de inferencia difuso Takagi-Sugeno

El agrupamiento substractivo propuesto, considera puntos de datos como candidatos para el centro de las agrupaciones y calcula la densidad en cada punto. Uno de los aspectos importantes del algoritmo de clusterización substractiva es la determinación del radio de clúster (r_a) que define el número de grupos y en consecuencia el número de reglas. Se generan las funciones de membrecía de los antecedentes y el número de reglas difusas if-then, se utilizó la estimación lineal de mínimos cuadrados para determinar los parámetros consecuentes de cada regla. Este proceso se llevó a cabo por medio de la función genfis2 de MATLAB.

3. Análisis de resultados

En la figura 1, se presenta la estructura del modelo propuesto, donde el sistema difuso óptimo se determinó mediante la variación arbitraria de un radio de clúster de 0.1 a 1.0 con un paso de 0.5. Se extrajeron las funciones de membrecía de los antecedentes y el número de reglas difusas if-then, y se utilizó la estimación lineal de mínimos cuadrados para determinar los parámetros consecuentes de cada regla [10].

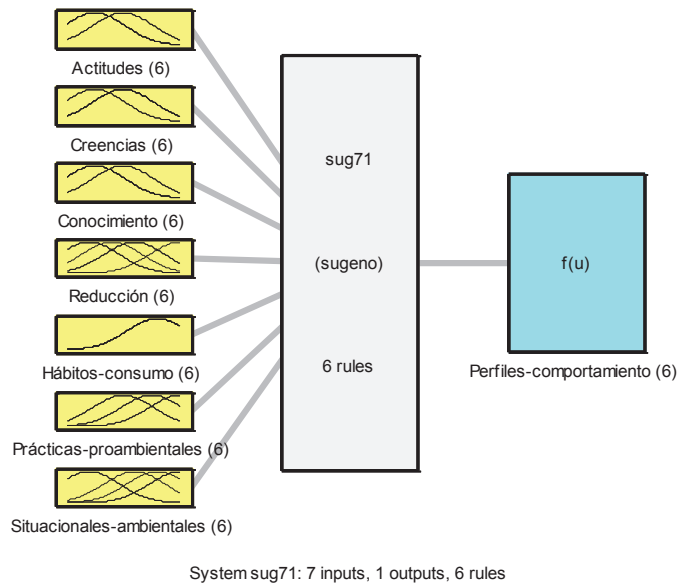


Figura 1. Modelo difuso Takagi-sugeno propuesto de siete entradas y una salida.

En la tabla 2 se presentan los resultados, se observa que mediante la especificación de un radio de 0.25, el modelo asociado ha producido un RMSE más bajo (0.1582). Sin embargo se utilizó el de 0.75 por que el número de agrupaciones es el más adecuado para la construcción de perfiles de comportamiento. Durante el proceso de aprendizaje, los parámetros tanto de las funciones de membrecía, como de las ecuaciones consecuentes del sistema difuso se ajustan continuamente hasta que el error es minimizado.

En la tabla 3, se presentan las seis reglas generadas, y en la tabla 4, los parámetros de los consecuentes lineales de cada una.

Tabla 2. Rendimiento de los sistemas de inferencia difusos Takagi-Sugeno utilizando la agrupación subtractiva para un r_a con variación de 0.1 a 1.0.

Modelo	r_a valor	n_c	RMSE de la validación
1	0.1	317	0.1658
2	0.25	198	0.1582
3	0.5	16	0.2537
4	0.75	6	0.2893
5	1.0	2	0.2999

Tabla 3. Reglas difusas.

1. If (Actitudes is in1cluster1) and (Creencias is in2cluster1) and (Conocimiento is in3cluster1) and (Reducción is in4cluster1) and (Hábitos-consumo is in5cluster1) and (Prácticas-proambientales is in6cluster1) and (Situacionales-ambientales is in7cluster1) then (Perfiles-comportamiento is out1cluster1)
2. If (Actitudes is in1cluster2) and (Creencias is in2cluster2) and (Conocimiento is in3cluster2) and (Reducción is in4cluster2) and (Hábitos-consumo is in5cluster2) and (Prácticas-proambientales is in6cluster2) and (Situacionales-ambientales is in7cluster2) then (Perfiles-comportamiento is out1cluster2)
3. If (Actitudes is in1cluster3) and (Creencias is in2cluster3) and (Conocimiento is in3cluster3) and (Reducción is in4cluster3) and (Hábitos-consumo is in5cluster3) and (Prácticas-proambientales is in6cluster3) and (Situacionales-ambientales is in7cluster3) then (Perfiles-comportamiento is out1cluster3)
4. If (Actitudes is in1cluster4) and (Creencias is in2cluster4) and (Conocimiento is in3cluster4) and (Reducción is in4cluster4) and (Hábitos-consumo is in5cluster4) and (Prácticas-proambientales is in6cluster4) and (Situacionales-ambientales is in7cluster4) then (Perfiles-comportamiento is out1cluster4)
5. If (Actitudes is in1cluster5) and (Creencias is in2cluster5) and (Conocimiento is in3cluster5) and (Reducción is in4cluster5) and (Hábitos-consumo is in5cluster5) and (Prácticas-proambientales is in6cluster5) and (Situacionales-ambientales is in7cluster5) then (Perfiles-comportamiento is out1cluster5)
6. If (Actitudes is in1cluster6) and (Creencias is in2cluster6) and (Conocimiento is in3cluster6) and (Reducción is in4cluster6) and (Hábitos-consumo is in5cluster6) and (Prácticas-proambientales is in6cluster6) and (Situacionales-ambientales is in7cluster6) then (Perfiles-comportamiento is out1cluster6)

Tabla 4. Parámetros de los consecuentes para cada variable por agrupación.

Coeficientes lineales		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	b
Después del entrenamiento	C1	0.0315	0.1904	0.0492	0.148	0.1266	0.2341	0.1041	0.5513
	C2	-0.0010	-0.0091	0.0624	-0.1037	0.0456	-0.0231	0.2931	2.71
	C3	0.0654	0.0694	0.0348	0.156	0.1404	0.4063	-0.0464	-0.2126
	C4	0.0924	-0.1562	0.0661	-0.0672	0.161	0.5754	0.5258	-0.5828
	C5	0.0643	-0.0266	-0.045	0.0061	0.0989	-0.0597	0.1813	3.05
	C6	0.0927	0.0061	0.1349	0.0645	0.0284	0.24	0.1866	0.349

Para visualizar el comportamiento de las variables de entrada, con respecto a la variable de salida (agrupación), se generaron superficies lineales, donde se observó que entre más positivas eran las creencias, las prácticas pro ambientales, los factores situacionales y ambientales, el comportamiento del consumidor era más ambiental. Cuando las actitudes y el conocimiento medioambiental alcanzan el nivel negativo, el comportamiento se tornaba también negativo. La variable reducción en el consumo, es una práctica pro ambiental que se analizó por separado, debido a que ésta se encuentra en una etapa del proceso de compra distinta a las demás, y no depende de los residuos generados en la vivienda. Sin embargo, su comportamiento fue el mismo, con excepción de que cuando alcanza el nivel negativo, el comportamiento ambiental del consumidor tiende a la indiferencia. Los hábitos de consumo no fueron significativos para el desarrollo de un comportamiento ambiental, ya que la población en general no los desarrolla.

Mediante las seis reglas difusas y el comportamiento de las variables de entrada con respecto a la variable de salida, se establecieron los perfiles de comportamiento ambiental.

1. **Conscientes ambientales.** Dentro de este perfil, se encuentran todos aquellos consumidores que cuentan con actitudes, creencias y conocimiento sobre la problemática ambiental, practican ocasionalmente la reducción en el consumo, sin embargo, muy pocas veces desarrollan alguna otra práctica pro ambiental. Este perfil se clasifica en dos grupos: Los que cuentan con las estructuras físicas en su vivienda que permitan el desarrollo de prácticas pro ambientales, y los que no.
2. **Sin motivación.** En este perfil, se encuentran los consumidores que poseen actitudes y conocimiento medioambiental positivo, sus creencias muestran indiferencia a la conservación del medio ambiente y en la realización de prácticas pro ambientales, ya que no cuentan con las estructuras necesarias en su vivienda para su desarrollo.
3. **Impracticables.** Estos consumidores cuentan con buenas actitudes y conocimiento sobre el ambiente, sus creencias tienden a la indiferencia y no desarrollan práctica pro ambiental alguna.
4. **Indiferentes por decisión.** Aquellos consumidores que les es indiferente todo el proceso de compra, desde la elección del producto hasta la manipulación de los residuos generados. Sin embargo, desarrollan en todo momento, la reducción en el consumo.
5. **Generadores de residuos.** En este perfil, están todos los consumidores que tienen una conciencia ambiental indiferente, así mismo, ocasionalmente desarrollan prácticas pro ambientales dentro de la vivienda (separación, reuso y reciclaje), debido a que no cuentan con aspectos físicos que lo permitan. Sin embargo, practican la reducción en el consumo.

4. Conclusiones

En este trabajo se propone un sistema de inferencia difuso adaptativo combinado para estimar y predecir perfiles de consumo ambiental, con el que se generaron cinco perfiles de comportamiento basado en siete variables de entrada.

La variable hábitos de consumo, no fue significativa para definir los perfiles de comportamiento, debido a que la totalidad de la población se encontró en el mismo nivel de pertenencia.

La práctica pro ambiental que más realiza la población es la reducción en el consumo. Esto puede ser causado por las limitaciones económicas del consumidor y no precisamente por la conservación del medio ambiente. Por lo que es necesario agregar al estudio del comportamiento del consumidor las variables socio demográficas que pueden modificar su conducta de compra.

Referencias Bibliográficas

- [1] Zsóka, Á., Szerényi, Z. M., Széchy, A., & Kocsis, T. (2012). Greening due to environmental education? Environmental knowledge, attitudes, consumer behavior and everyday pro-environmental activities of Hungarian high school and university students. *Journal of Cleaner Production*.
- [2] Liska, A. (1974). Emergent issues in the attitude-behavior consistency controversy. *American Sociological Review*, 39, 261–272.
- [3] Ajzen, I., Fishbein, M. (1980). *Understanding Attitudes and Predicting Social Behavior*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall.
- [4] Weigel, R. H. (1983). Environmental attitudes and the prediction of behavior. In: Feimer, N.R., Geller, E.S. (Eds.), *Environmental Psychology*. Praeger, New York.
- [5] 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.
- [6] Hartmann, P., & Apaolaza-Ibáñez, V. (2012). Consumer attitude and purchase intention toward green energy brands: The roles of psychological benefits and environmental concern. *Journal of Business Research*, 65(9), 1254–1263.
- [7] Wang, Y. J., Minor, M. S., & Wei, J. (2011). Aesthetics and the online shopping environment: Understanding consumer responses. *Journal of Retailing*, 87(1), 46–58.
- [8] Cornelissen, G., Pandelaere, M., Warlop, L., & Dewitte, S. (2008). Positive cueing: Promoting sustainable consumer behavior by cueing common environmental behaviors as environmental. *International Journal of Research in Marketing*, 25(1), 46–55.
- [9] INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010). Censo de población y vivienda 2010. Encontrado en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?src=487&e=2>
- [10] Adoko, A. C., Gokceoglu, C., Wu, L., & Zuo, Q. J. (2013). Knowledge-based and data-driven fuzzy modeling for rockburst prediction. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 61, 86–95.

Comparación en la recuperación. Materiales reciclables en dos comunidades de Baja California

¹Hugo Favela Avila; ¹Sara Ojeda Bénéitez; ^{1,2}Samantha Cruz Sotelo; ¹Karla Garduño Palomino; ²Wendolyn Aguilar Salinas

¹Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California. ²Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California. Blvd. Benito Juárez y calle de la Normal S/N Col. Insurgentes Este, C.P. 21280 Mexicali, Baja California, México. Email:hugfave@gmail.com

Resumen

En la recuperación de reciclables en México, intervienen diversos actores formando una cadena de comercialización, por ello es importante estudiar el papel de estos en esta actividad. En este trabajo se presentan los resultados de una investigación realizada en dos comunidades de Baja California México (Mexicali y el Valle de San Quintín en Ensenada), se analiza la función de los actores principales en la generación y recuperación de reciclables. Para ello se estudió la actividad de recuperación, el mercado de reciclables y el sistema de manejo de residuos sólidos en ambas comunidades, por medio de la aplicación de instrumentos (encuestas) a miembros activos en la recuperación (pepenadores e intermediarios) divididas en categorías como: recuperación y comercialización. La intensidad de recuperación se relaciona con el área geográfica y el desarrollo económico de la zona, pepenadores del valle de San Quintín, ubicados en la zona rural, ganan diariamente en promedio 56.81% menos que los pepenadores de la zona urbana (Mexicali), mientras que los acopiadores en la ciudad de Ensenada recuperan un 42.25% más en promedio semanal que los de Mexicali. Ambas ciudades esta ubicadas en la zona urbana, pero en Mexicali tiene un mejor nivel económico, esto genera menos interés en la recuperación, mientras en Ensenada, hay mayor interés de los habitantes en separar los residuos que pueden ser comercializados y desviarlos de la disposición final, para ser vendidos en los centros de acopio.

Palabras Clave: *manejo, pepenadores, intermediarios, recuperación.*

1. Introducción

En la actualidad el crecimiento poblacional de las comunidades genera el aumento en la producción y el consumo de bienes y de servicios. Esto conlleva a generar una serie de problemas por el aumento en la generación de residuos sólidos, provocando contaminación (suelo, agua y aire) [4].

Los controles naturales de eliminación de la contaminación han sido superados, la falta de procedimientos adecuados en el manejo y tratamiento de los residuos han provocado un mal control y tratamiento de los mismos [6], además el aumento en la generación de residuos provoca que los ecosistemas comiencen a sufrir deterioros como consecuencia de un modelo de producción insostenible [2].

Por otro lado, países industrializados, así como países con economías emergentes y en vías de desarrollo han puesto mayor atención a las actividades de reciclaje, principalmente por presiones ambientales, políticas y la oposición pública a los sitios de disposición final. Además de los altos costos de disposición de residuos atribuibles a la falta de tierras e incrementos en los costos de rellenos sanitarios y la oposición pública a tener tiraderos de basura cerca de casas [1], [3] y [8].

En este contexto, la necesidad de redirigir esfuerzos a reducir la contaminación por acumulamientos de residuos sólidos es vital para la búsqueda de la sustentabilidad, por medio del reúso, reciclaje y cuidando las entradas de la producción industrial, reduciendo la demanda de materias primas vírgenes, ya que reciclar parece ser una de las mejores alternativas [7].

2. Desarrollo

Esta investigación se realizó en tres comunidades de Baja California, para ello se hizo una descripción de los sitios y la recuperación de reciclables, basado en la participación de tres actores ubicados en sus áreas de desempeño: sitios de disposición, casas de los habitantes de la comunidad y los acopiadores. Los sitios estudiados son dos en Mexicali (Benito Juárez y PASA) y dos del valle de Ensenada (San Quintín y Vicente Guerrero). Mexicali, es la cabecera del municipio con el mismo nombre con 936,826 habitantes distribuidos entre la zona urbana y su valle según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2010). Y el municipio de Ensenada con alrededor de 466,814 habitantes distribuidos entre la ciudad y su valle. Las comunidades rurales definidas como área de estudio son: San Quintín con una población de alrededor de 5021 habitantes y Vicente Guerrero con 10, 632 habitantes (INEGI, 2010).

La figura 1 muestra la ubicación de las áreas de estudio de este trabajo.

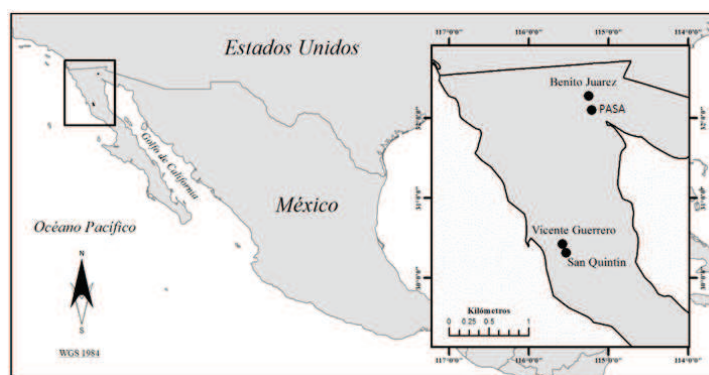


Figura 1. Localización de áreas de estudio

Este trabajo es de corte descriptivo y la metodología se desarrolló en tres etapas: *en la primera etapa, se realizó un análisis sobre el reciclaje de materiales en las comunidades (Mexicali, San Quintín y Vicente Guerrero), donde se investigó el mercado existente del reciclaje por medio de la obtención de información del trabajo de la comunidad en la recuperación de reciclables. En la segunda etapa se analizó la actividad de recuperación de reciclables y la intervención de diversos intermediarios, por medio de la revisión de padrones que son manejados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), a través del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE 2010). Y en la tercera, se analizó el sistema de recolección, transferencia y disposición final de los desechos municipales en las comunidades, es decir el trabajo realizado en cada comunidad por parte de los responsables del manejo de residuos.*

3. Resultados

3.1 Sitios de disposición

Las actividades económicas que se realizan en las zonas de estudio, revelan los tipos de residuos sólidos que son generados, estos son heterogéneos debido a los servicios y productos que son ofrecidos en cada región (figura 2).

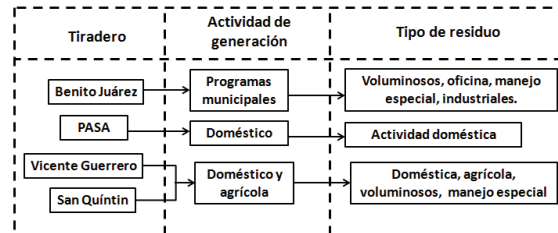


Figura 2. Residuos generados en los sitios de estudio

En el sitio de Benito Juárez de la zona de Mexicali recibe voluminosos (muebles, colchones) provenientes de programas del ayuntamiento. En PASA, llegan los residuos domésticos de la ciudad de Mexicali. Y por otro lado en San Quintín y Vicente Guerrero los residuos provienen de casas habitación, estos pueden ser voluminosos, de manejos especiales, domésticos y agrícolas.

Los pepenadores en los sitios se diferencian en la organización de los mismos donde mientras que en PASA existe un grupo de 382 personas, de las cuales 217 pertenecen a la CTM y 165 están agrupados bajo el liderazgo de una persona del grupo conocido como “los libres”. En San Quintín los pepenadores están conformados por personas solas de diferentes edades y familias completas con niños pequeños, estos deben vender todo lo que recuperan al dueño del predio sin tener otra opción. En Vicente Guerrero no se permite acceso a personas, solamente segregan 4 o 5 pepenadores que son contratados por el particular por un salario y en Benito Juárez la entrada de pepenadores sin control es evidente.

En la figura 3 se presenta un esquema en el que se muestra la cadena de comercialización de los residuos y los actores involucrados en la recuperación. En la cadena de recuperación participan los actores primarios que son los ciudadanos de la comunidad, los pepenadores y pre pepenadores.

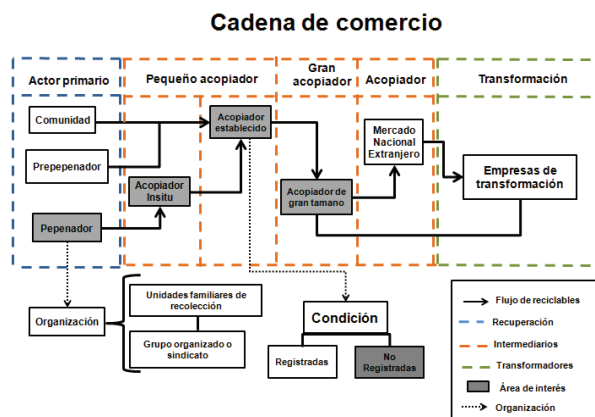


Figura 3. Cadena de comercialización y recuperación de residuos

En la tabla 1 se presentan los precios por material segregado y comercializado en los sitios de disposición incluidos en esta investigación. Se observa que los precios no varían significativamente, esto es porque los precios se basan en el mercado internacional, a pesar de que en los sitios del valle de San Quintín existe la presencia de un intermediario quien tiene el control de los precios de los materiales.

Tabla 1. Precios de los materiales comercializados (pesos/Kilogramo)

Material	Zona San Quintín	Zona Mexicali
Aluminio	12	13
Lata de hojalata	1.3	1.5
Cobre	60	60
Cartón	0.3	0.5
Pet	2.0	1.5
Fierro	1.5	1.5
Plástico de alta densidad	2.0	1.5
Bronce	-----	43
Metales revuelto	-----	12

3.2 Habitantes de las comunidades

Un actor importante que participa en la recuperación de reciclables, son los habitantes de las comunidades, se aplicó un instrumento para identificar las prácticas de recuperación de reciclables en los hogares. En Mexicali se aplicaron 399 encuestas. Para Ensenada y San Quintín se aplicaron un total de 400 encuestas, se destinaron 350 para Ensenada y 50 para San Quintín (zona Ensenada).

En Mexicali el 33.58% de los encuestados separa materiales reciclables generados en su casa. A pesar de la poca participación en la segregación de residuos en el hogar, la separación que realizan es porque están conscientes que esto apoya a la protección del ambiente. En la zona de Ensenada la participación de los ciudadanos en la separación de los residuos es un poco más alta, el 48% de los encuestados participa en la separación de materiales reciclables en sus hogares. En la tabla 2 se presenta el tipo de materiales que separan en los hogares.

Tabla 2, Materiales más recuperados en las casas

Material recuperado	Mexicali	Zona Ensenada
metales	26.32%	36.51%
material orgánico	9.02%	0%
plásticos	7.75%	18.26%,
papel y/o cartón	0.75%,	17.46%,
Otros	56.16%	27.77%

3.2 Acopiadores

En Mexicali se obtuvo un registro de 65 recicladoras dedicadas a la compra venta de materiales reciclables, mientras en Ensenada están registradas 20 ante INEGI (tabla 3).

Tabla 3, Acopiadores en las zonas urbanas

Datos		Mexicali	Ensenada
Acopiadores	INEGI	65	20
	Operando	49	16
	No registradas	13	4

En la tabla 3, se presenta la dinámica de los acopiadores en cuanto la operación de estos establecimientos con registro y sin registro oficial, se observa que en Mexicali de los 65 establecimientos localizados, sólo 49 están operando, esto verificado en visitas programadas y se localizaron 13 establecimiento que no aparecen en ninguna base de datos (no registrados), mientras en la ciudad de Ensenada operan 16 de 20 existentes en la base de datos de INEGI y se localizaron cuatro no registrados.

En este giro de negocio en Mexicali existe un comercio mayor de metales ferrosos y no ferrosos, el 67.77% del material recuperado es fierro. Otros materiales recuperados son lámina 21.93% (lámina ferrosa y latas de hojalata), aluminio 5.77% y cobre (3.72%), en promedio la recuperación por acopiador es de 7,724.6 kg. por semana.

En Ensenada sólo recuperan metales ferrosos y no ferrosos (hierro, aluminio, bronce, antimonio, cobre y lámina) el 76.88% son fierro, otros materiales recuperados son lámina (15.51%), aluminio (4.90%), cobre (2.52%) y el resto son materiales como antimonio y bronce; en promedio por semana cada acopiador recupera 13,378.21 kg.

4. Conclusiones

La participación de los habitantes en la recuperación de reciclables en Mexicali es menor que en Ensenada y San Quintín, la población de estas comunidades muestran mayor interés por recuperar materiales enfocado el interés en metales, la recuperación desde los hogares es debida a que en Mexicali existen mayores recursos y actividad económica, donde el acceso a mejores ingresos influye en la participación de los ciudadanos; quienes pierden el interés en realizar un trabajo extra de recuperación.

En Mexicali existen más establecimientos de acopiadores, pero aun así la recuperación es menor en promedio que en Ensenada, la diferencia la marca la participación de la comunidad. En Mexicali existe un estricto control por parte de autoridades gubernamentales generando un control en el rechazo de material sospechoso de robo o de dudosa procedencia generando que el mercado sea más cerrado y acopiando menor cantidad de materiales.

Mexicali cuenta con mayores recursos, aun así existen problemas de control en la recuperación de reciclables, la falta de regulaciones adecuadas y un trabajo en este rubro genera un ambiente hostil y fenómenos sociales ilícitos. Por otro lado en Ensenada y el valle de san Quintín la falta de recursos genera problemas en la legalidad del comercio de reciclables, pero a la vez al ser un estrato social más bajo se genera un aumento en la recuperación de reciclables en hogares reduciendo la cantidad de residuos destinados a disposición final.

Referencias Bibliográficas

- [4] Hernández M, Bonfil S. A. Educación ambiental. México: Santillana, 1997
- [6] Ojeda B. S., Armijo de V. C., Ramírez B. E. (2002). Formal and informal recovery of recyclables in Mexicali, Mexico: handling alternatives. *Resources, conservation and recycling*, pp. 273-287.
- [2] Dahlén L., Anders L., (2007), Methods for household waste composition studies, pp. 3-13.
- [1] Collins A., O'Doherty R.; Snel M. C. (2006) Household participation in waste recycling: Some national survey evidence from Scotland. *Journal of Environmental Planning and Management*. 49: pp. 121-140.
- [3] Elliot S. J., Wakefield S. I., Taylor M. S., Dunn J. R., Walter S., Ostry A., Hertzman C.A., Comparative analysis of the psychosocial impacts of waste disposal facilities (2004). *Journal of environmental planning and Management*. 47: (3), pp. 351-363.
- [8] Wen Tien T., Yao Hung Ch., Chien Ming L., Hsin Chieh H., keng Yu., Chunh Siang Ch., (2007). Perspective on resource recycling from municipal solid waste in Taiwan. *Resources Policy*. 32 Issues 1-2, March-June 2007, pp. 69-79.
- [5] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) 2003. <http://www.inegi.org.mx/>
- [7] Pimenteira C.A.P., Carpio L.G.T., Rosa L. P., Tolmasquim (2005), Solid wastes integrated management in Rio de Janeiro: input-output analysis. *Waste Management*, 25, pp. 539-553.

Percepción estudiantil sobre su rol en la reducción de residuos a través del ecodiseño

¹Quetzalli Aguilar-Virgen, ²Paul Taboada-González, ³Sara Ojeda-Benítez, ⁴Samantha Cruz-Sotelo

¹Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, UABC. Calzada Universidad No. 14418 Parque Industrial Internacional Tijuana C.P. 22427. Tijuana, B.C. México email: qaguilarv@gmail.com

²Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, Tijuana, UABC, ³Instituto de Ingeniería, Mexicali, UABC, ⁴Facultad de Ingeniería, Mexicali, UABC

Resumen

El ecodiseño es un concepto y un conjunto de herramientas que ayuda al sector productivo a mejorar su desempeño ambiental y sus productos. Sus estrategias incluyen la selección de materiales de bajo impacto ambiental, el uso de tecnologías de producción "limpias", la optimización de los sistemas de distribución, y la certeza de que el producto afectará de forma mínima el medio ambiente una vez que concluye su vida útil. Por ello, el objetivo del presente estudio fue analizar la percepción de los alumnos de la carrera de ingeniería industrial sobre el papel que podrían jugar en su campo laboral en la prevención y gestión de residuos, aplicando ecodiseño. Se diseñó y validó un cuestionario; posteriormente se aplicó a 110 estudiantes de la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería con un nivel de confianza 95% y un error del 8%. La aplicación del instrumento fue aleatoria entre los alumnos de 4° al 9° semestre. Los estudiantes están conscientes de que es necesario optimizar sus procesos y hacer más rentables sus empresas. Sin embargo, les falta mayor conocimiento en las herramientas del ecodiseño para hacer los procesos más eficaces, eficientes, y por tanto, más rentables. Es necesario que se cambien los paradigmas industria-ambiente para lograr sistemas productivos más sostenibles.

Palabras Clave: *Actitudes, ingeniería industrial, minimización de impacto ambiental, sustentabilidad*

1. Introducción

La capacidad de innovación en la producción, como un factor clave frente a las presiones de la globalización y la evolución tecnológica, ha convertido en un requisito indispensable el proceso efectivo de desarrollo de productos. La búsqueda de un estado integrado basado en un enfoque de ciclo de vida de un producto, ha adquirido cada vez mayor aceptación. En la creación de este paradigma, la "integración" significa una perspectiva global que incluye la aplicación de nuevos métodos y técnicas, y la reorganización en las actividades de desarrollo de producto, con la participación de un equipo de diseño multidisciplinario [1]. Se debe de tomar en cuenta los aspectos de rendimiento funcional, facilidad de producción, seguridad de uso, calidad, costos, facilidad de mantenimiento, impacto ambiental, reciclaje de los recursos naturales, satisfacción psicológica de los usuarios finales, entre otros [1-2].

Como es sabido, las estructuras actuales de consumo y producción no son sostenibles. Los procesos de aceleración de la globalización y de la liberalización del comercio, apoyados por los avances de las tecnologías informáticas, han cambiado fundamentalmente el entorno del sector privado en todas las economías –desarrolladas o en vías de desarrollo– proporcionando así nuevas oportunidades y retos para mejorar la sostenibilidad. El ecodiseño ha evolucionado para incluir aspectos más amplios de la componente social de sostenibilidad y la necesidad de desarrollar

nuevas maneras para satisfacer las necesidades de los consumidores de una manera menos intensiva con respecto a recursos [3].

El ecodiseño es un concepto y un conjunto de herramientas que ayuda a la industria a mejorar el desempeño ambiental de un producto a través de todo su ciclo de vida. Las estrategias de diseño incluyen la selección de materiales de bajo impacto, el uso garantizando de tecnologías de producción "limpias", la optimización de los sistemas de distribución, mejor utilización de sus atributos (por ejemplo, el tiempo de vida del producto, el consumo de recursos), y garantía de que el producto tendrá un impacto mínimo sobre el medio ambiente una vez que ha llegado al final de su uso (por ejemplo, mediante el desmontaje y el reciclaje del producto) [4].

Para cada prioridad en un ciclo de vida de producto, el ecodiseño puede orientar sobre cómo atacar el problema ambiental desde su origen, antes de su manifestación. Ejemplo de ello sería: (a) una adecuada identificación de los materiales puede reducir problemas durante el reciclaje o la disposición final, (b) un diseño más inteligente puede intensificar el uso de los materiales y reducir la presión sobre los recursos, y (c) un empaque puede ayudar a alcanzar una meta de reducción de emisiones de gases al optimizar el transporte, entre otros [5-6].

Los principales beneficios del ecodiseño que exponen Chacón [7] y Xiao Chuan [8] son:

1. Reducción del impacto ambiental. El diseñar productos considerando al medio ambiente, supone una reducción de los impactos ambientales del producto.
2. Reducción de costos. Reutilizar materiales, reducir el tamaño y peso del producto, provoca una disminución en el consumo de materias primas y energía, menores costos por despacho y contaminación, entre otros.
3. Innovación. Siendo un tema poco extendido, el hecho de diseñar un producto con criterios de ecodiseño le confiere un carácter innovador. Además, la introducción de nuevos aspectos en la metodología habitual de diseño puede aportar nuevas ideas sobre estética o funcionalidad, que de otro modo no hubiesen surgido.

Por lo descrito anteriormente, el objetivo del presente estudio fue analizar la percepción de los alumnos de la carrera de ingeniería industrial sobre el papel que podrían jugar en su campo laboral en la prevención y gestión de residuos, aplicando ecodiseño. Esto con la finalidad de desarrollar estrategias o planes de acción para aumentar el conocimiento y por ende la conciencia que un buen diseño del producto, resultaría en la reducción del uso de materiales y suministros que tienen un impacto ambiental negativo en todo el ciclo de vida del producto.

2. Metodología

El estudio se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California campus Tijuana. Se eligió este campus, ya que de acuerdo con la SEDECO [9], la inversión privada del 2010 en Baja California fue de USD\$2,355.3 millones, siendo Tijuana el municipio con una mayor participación (50% de la inversión), dicha inversión se utilizó en un mayor porcentaje en el sector de la Industria Manufacturera/Maquiladora (35%). Sector principal en el cual se sabe que se colocan los egresados de ingeniería industrial, y por ello, se puede esperar un crecimiento en las necesidades de estudiantes con mayor conocimiento en la relación industria-ambiente.

Para conocer la percepción de los alumnos de la carrera de ingeniería industrial se elaboró un cuestionario de 33 preguntas. Las primeras cinco trataron información socio-demográfica y

condiciones económicas, en el resto se incluyeron tres temas principales: 17 sobre ecodiseño, siete sobre conciencia ambiental, y cuatro sobre necesidades de formación. Sobre el primer tema (ecodiseño), se consideraron preguntas sobre cinco categorías: siete sobre conocimiento general, cuatro sobre producción, una sobre embalaje, dos sobre comercialización, y tres sobre retiro. Las preguntas fueron elaboradas en una escala de Likert de tres puntos, donde 1 representa una condición negativa o desconocimiento, 2 una condición neutral o de conocimiento parcial, y 3 representa una condición positiva o de conocimiento. Este instrumento fue validado con 14 personas antes de su aplicación en campo.

Para la obtención de la muestra se consideró una población estudiantil de 400 alumnos, un nivel de confianza del 95%, un error del 10% y el software Stats[®]. El tamaño de la muestra fue de 78 estudiantes. La aplicación del instrumento fue aleatoria entre los alumnos del 4to. al 9no. semestre durante el periodo escolar 2013-1. Se observó la necesidad de incluir a los alumnos de 4to.y 5to.semestre, quienes ya han llevado unidades de aprendizaje que su contenido temático incluye temas relacionados con la industria-ambiente.

La información recolectada se concentró en una hoja de cálculo de Microsoft Excel[®] para su análisis. La ponderación en cada pregunta se obtuvo dividiendo la suma total obtenida en cada pregunta por el máximo de puntos posibles.

3. Resultados y Discusión

Debido a la cooperación de los alumnos, se tuvo la oportunidad de ampliar el número de encuestados, obteniendo como muestra final 110 encuestas realizadas, reduciendo el error a un 8%. La información socio-demográfico y socioeconómico mostró lo siguiente: a) el 61% de los encuestados fueron hombres; b) la edad promedio fue de 21.3 años, con una desviación estándar de 1.8 años; c) los resultados por ingreso familiar mensual muestran que el 23% de los estudiantes son de ingreso bajo (MXP \$2,700-6,799), el 38% de ingreso medio-bajo (MXP \$6,800-11,599), 34% ingresos medio-alto (MXP \$11,600-34,999), y 6% de ingreso alto (MXP \$35,000-84,999).

Respecto al primer tema, *ecodiseño*, se presentan los resultados obtenidos en la categoría de *conocimiento general* (ver Figura 1). Se aprecia que son pocos los alumnos que conocen formalmente el concepto de ecodiseño (1) o alguna herramienta para aplicarlo (2). De forma general, son conscientes de que el ecodiseño tiene por objeto conocer los efectos medioambientales de los productos industriales e introducir en su diseño criterios de prevención de esos efectos (3), aunque tienen dudas respecto si el ecodiseño se aplica solo a productos, no a servicios (4). Un porcentaje mediano conoce el concepto de eco-etiqueta (7), aunque no conocen el concepto "de la cuna a la tumba" (8), lo cual hace que no tengan una clara visión del ciclo de vida de los productos. No obstante las limitantes académicas en el tema, más de la mitad de los encuestados considera que tiene conocimientos suficientes para diseñar productos ambientalmente aceptables (13).

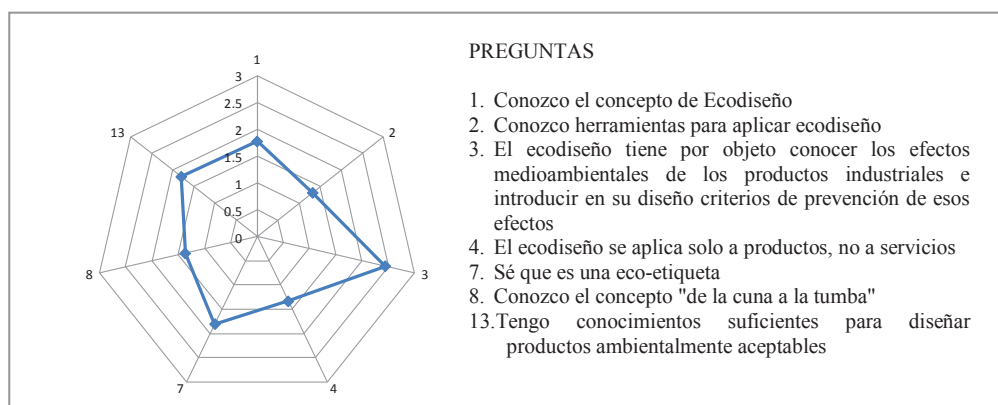


Figura 1. Categoría Conocimiento general

En referencia a la categoría *producción y embalaje*, se obtuvo que el 81% considera que una distribución de planta adecuada se puede considerar una forma de mejorar el ambiente. Sin embargo, solo el 31% tiene conocimiento sobre el manejo de materiales en una planta productiva. Aunque el 85% piensa que el tipo de material empleado para el empaque de un producto puede disminuir la contaminación ambiental, solamente el 65% considera que el embalaje de un producto puede otorgar una ventaja competitiva.

Considerando la categoría *comercialización y retiro*, se tiene que el 87% considera que la logística en la empresa puede ser una estrategia comercial y de disminución del impacto ambiental. A pesar de que el nivel de conocimiento de los encuestados respecto a cómo afectan al medio ambiente los materiales con los que son desarrollados los productos, no es muy clara o nula (54%). Aunado a que solo el 25% considera que tiene conocimientos para seleccionar materiales en procesos productivos. El desconocimiento en las características de los materiales provoca que solo el 15% crea que todos los materiales puedan ser reciclados.

En cuanto al segundo tema, *conciencia ambiental*, los resultados obtenidos se muestran en la Figura 2. Si bien el 58% considera que su profesión está relacionada con la contaminación ambiental, existe la creencia de que el medio ambiente no es un aspecto importante en una estrategia comercial (9). Los puntos que consideran atractivos para el cliente son el dominio del idioma Inglés, baja costo de mano de obra, el control estadístico (certificación en six sigma o lean sigma) y la reducción de productos defectuosos. Debido al elevado número de fábricas y empresas maquiladoras en la zona, los alumnos piensan que no es posible realizar mejoras ambientales en empresas de servicios (11). Respecto a la convicción ambiental, se observan inconsistencias. El 53% (24) respondió que busca alternativas para reusar o reciclar productos o materiales almacenados que ya no se van a utilizar en el proceso productivo. Sin embargo solo el 17% (19) adquiere productos creados a partir de materiales reciclados aunque cuesten más.

Sobre el tema *necesidades de formación académica*, los alumnos opinaron lo siguiente. El 68% considera que no tuvo una buena formación en ecodiseño. Al preguntarles si llevaron al menos una materia que les hablaba sobre el ecodiseño, el 67% contestó que no. Al preguntarles si han realizado proyectos vinculados a la industria que hayan ayudado a mejorar el ambiente, el 81% contestó que no. Al preguntarles si sus maestros relacionan sus materias con el cuidado ambiental, el 28% contestó que no.

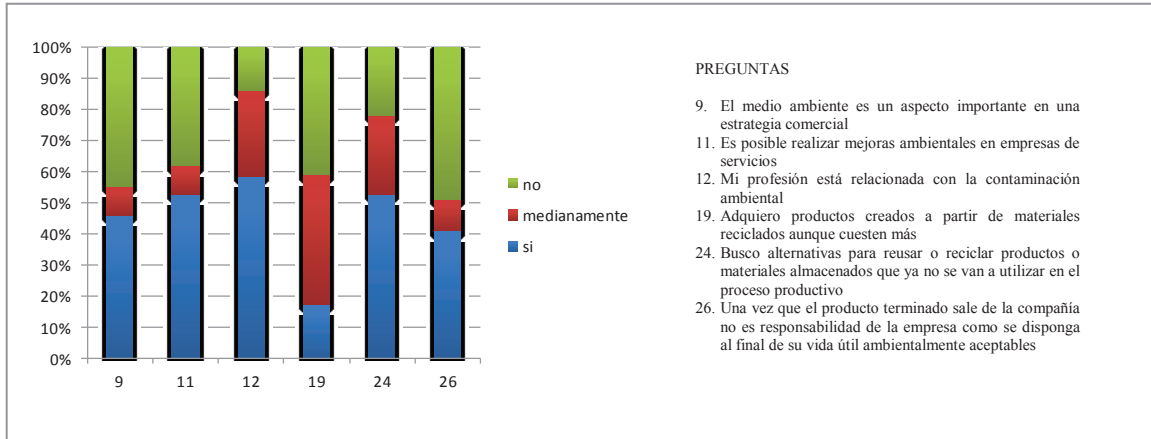


Figura 2. Conciencia ambiental

Se solicitó ponderar en una escala del 1 al 5 (donde 5 es más importante y 1 menos importante) los aspectos que consideran como más importantes a mejorar en un proceso productivo. Los resultados (Figura 3) muestran una clara tendencia hacia la mejora de materiales y de procesos. Este hecho fue corroborado con otra pregunta, en la cual se les cuestionó sobre si consideran que deben conocer más herramientas para optimizar procesos; se obtuvo un 94% de respuestas afirmativas. Con esto, se puede apreciar que los estudiantes se preocupan más por lo que sucede dentro de la planta que lo que pasa con el producto una vez que este sale a su venta. Este comportamiento también se aprecia en el punto 26 de la Figura 2, donde el 41% considera que una vez que el producto terminado sale de la compañía no es responsabilidad de la empresa como se disponga al final de su vida útil.

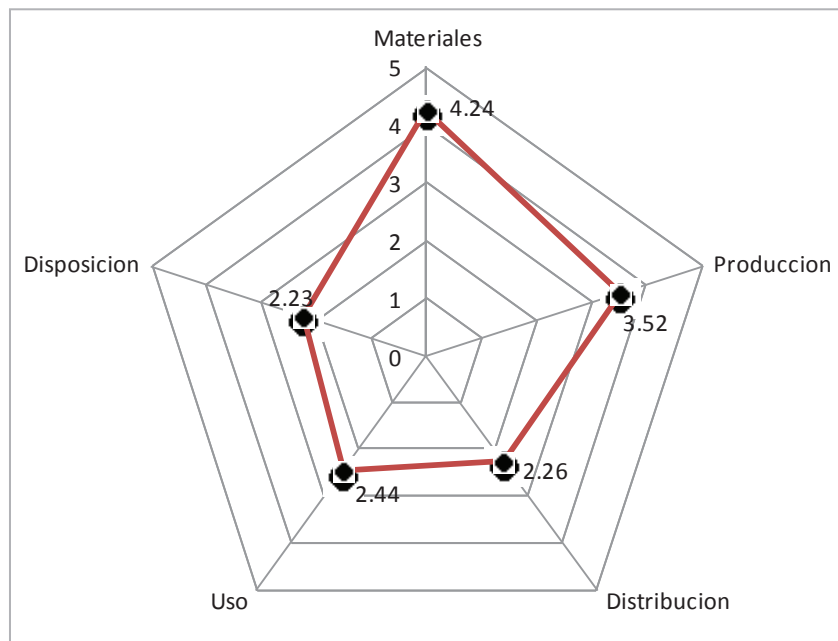


Figura 3. Aspectos a mejorar en un proceso

4. Conclusiones

Los estudiantes están conscientes de que es necesario optimizar sus procesos y hacer más rentables sus empresas. Sin embargo, les falta mayor conocimiento en las herramientas del ecodiseño para hacer los procesos más eficaces, eficientes, y por tanto, más rentables. Es necesario que se cambien los paradigmas industria-ambiente para lograr sistemas productivos más sostenibles.

Un mayor seguimiento en los temas de selección y utilización de materiales de ingeniería, daría como resultado recurso humano con mayor capacidad para mejorar procesos e incrementar la sustentabilidad. La capacitación al alumno sobre programas y herramientas de ecodiseño permitiría la reducción del uso de materiales y suministros, el incremento en la productividad y un valor agregado como profesionistas. Ambientalmente, se lograría una reducción de residuos y una menor presión a los recursos naturales. Todo esto si los estudiantes se convencen de su rol en el crecimiento económico y la preservación ambiental y asumen su responsabilidad social.

Referencias Bibliográficas

- [1] Giudice F., Ballisteri F., Risitano G., "A Concurrent Design Method Based on DFMA-FEA Integrated Approach". *Concurrent Engineering*. Vol. 17(3). 2009. pp. 183-202.
- [2] Yoshimura M., "System Design Optimization for Product Manufacturing". *Concurrent Engineering*. Vol. 15(4). 2007. pp. 329-343.
- [3] Crul M.R.M., Diehl J.C., *Diseño para la Sostenibilidad. Un enfoque práctico para economías en desarrollo*. 2007. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente 128 p.
- [4] FWI (Five Winds International), "Design for Environment (DfE) Best Practices Lessons for British Columbia's Ministry of Environment. March, 2009. (Acceso 12 de Diciembre de 2012). <http://www.env.gov.bc.ca/epd/recycling/resources/reports/pdf/DfE.pdf>
- [5] González Elías A., "Ecodiseño, ingeniería de diseño de producto y los retos del mercado verde". 2001. (Acceso 15 de Diciembre de 2012). <http://www.cnplm.org/html/archivos/Ponencias/Ponencias-ID16.pdf>
- [6] Riba Romeva C., "Principios del ecodiseño: como proteger nuestro entorno". En *Eco Diseños, una metodología para el Desarrollo Sostenible*. Encuentros Ambientales 2006. Barranquilla, Colombia. (Acceso 12 de Diciembre de 2012). <http://www.uninorte.edu.co/extensiones/ids/ponencias/ecodisenos/principios%20del%20ecodisenos%20como%20proteger%20nuestro%20ambiente%20cons.pdf>
- [7] Chacón A., "Ecodiseño: producir con menores impactos". *Revista Ecoamérica*, Vol. 71. 2007. pp. 63-66. http://www.ecoamerica.cl/pdf_notas/71/63-66_eco71.pdf
- [8] XiaoChuan C., "The Relationship between Design For Environment (DfE) and Design For Cost (DfC)". En *World Engineers' Convention 2004(WEC2004)* (Vol G. pp. 293-296). Shanghai, China. [www.cimspaper.com/english/ce/The Relationship between Design For Environment \(DFE\) and Design For Cost \(DFC\)_ce12.pdf](http://www.cimspaper.com/english/ce/The%20Relationship%20between%20Design%20For%20Environment%20(DfE)%20and%20Design%20For%20Cost%20(DfC)_ce12.pdf)
- [9] SEDECO, "Estadísticas de Baja California". 2011. (Acceso 15 de Enero de 2013). <http://www.bajacalifornia.gob.mx/sedeco/estadisticas/index.html>

Informar y enseñar a la sociedad: la problemática de los residuos sólidos en el recurso natural “manglares”

¹Roxana Pérez López, ¹Lidia Silva Iñiguez, ¹G. Alicia Jiménez Ramón, ¹Claudia Gutiérrez Corona y ²Pérez León Ernesto.

¹Facultad de Ciencias Marinas, Universidad de Colima. Km. 20, carr. Manzanillo-Barra de Navidad. 01 (314) 33 11 205

²Escuela Superior de Comercio Exterior. Universidad de Colima. Av. Elías Zamora Verduzco núm. 269. Barrio 3. Col. Valle de las Garzas. Manzanillo, Col. C.P.28219 01 (314) 33 3 13 60 perezroxana36@gmail.com

Resumen

La política ambiental y de recursos naturales de México considera prioritaria la conservación restauración de los manglares y sus humedales costeros asociados. La Laguna del Valle de las Garzas se encuentra dividido en dos zonas por un tramo carretero, creándose aleadamente dos colonias: Valle de las Garzas y Las Brisas esta última con una franja de manglar de 1.5 km por 0.6 Km. En el 2009, la Universidad de Colima con la colaboración del Municipio de Manzanillo realizaron un programa “Crear conciencia ambiental y contribuir a la sustentabilidad ambiental de los mangles”. Se realizaron actividades con los colonos de las Brisas, se cuantificaron y clasificaron los residuos sólidos y se les enseñaron dos técnicas para reciclar el papel y el vidrio. Se realizaron 8 muestreos cuantificándose 893 objetos (100%), el 36% vidrio (ventanas, puertas, botellas y pedacería), 19% plásticos (pet, vasos, platos, recipiente de alimento, juguetes y bolsas), 11% metal (botes de bebidas, latas y varillas), 10% material de construcción (escombros, grava y arena), 10% desechos de jardinería (pasta, hojas, ramas y troncos), 5% unicel (vasos y platos), papel y cartón 8% (periódico, hojas, cajas,) y 1% otros (colchones, W.C., cómodas, roperos, sandalias, zapatos, ropa, encendedores). Se continúan los monitores, los residuos sólidos, han disminuido un 61%, los objetos más abundante actualmente “material de construcción y desechos de jardinería”. Se impartieron 4 pláticas a 139 alumnos de nivel básico, 3 reuniones con 68 colonos, todo ello, para comunicar la problemática de los manglares.

Palabras Clave: *colonos, conciencia, manglares, reciclaje, reúso.*

1. Introducción

El manglar es una vegetación arbórea de la zona de mareas en las regiones tropicales y subtropicales, conocida como bosque de marea crecen en zonas con amplios rangos de salinidades, que van desde el agua dulce hasta el agua hipersalina, pero alcanzan su máximo desarrollo en condiciones salobres, es por esto que se les llama halofitas facultativas [1]. El manglar es el equivalente costero del bosque selvático en tierra. Entre sus árboles, ramas y follaje se encuentran innumerables especies de aves, reptiles, mamíferos, insectos, plantas epifitas, líquenes, hongos, etc. La función ecológica del manglar consiste en: Estabilizar el litoral (control de inundaciones). Controlan la sedimentación (control de erosión). Preservan calidad del agua (retención de sedimentos y sustancias tóxicas, desalinizar el agua que entra a tierra firme). Barrera vegetal contra tormentas (cortina rompevientos). Veneran biomasa (hojarasca - detritus - cadena alimenticia). Sitio de reproducción, refugio, alimentación de especies comerciales (60 a 70% de la pesquería ribereña depende de los manglares). Evitan la sedimentación de los arrecifes de coral. Controlan nutrientes evitando la eutroficación (estabilizan los nutrientes provenientes de los escurrimientos de zonas agrícolas) y, sitios de anidación y alimentación de aves, reptiles, mamíferos, etc. [2]. Los beneficios

obtenidos de los manglares: Energía / Combustible (leña para cocinar y ahumar). Pesca (jaulas para peces, y boyas). Construcción (madera para construcción pesada, botes, lanchas, pegamento y gomas). Comida / Medicinas / Bebidas (peces, crustáceos, moluscos, aves, huevos, mamíferos, reptiles, anfibios, e insectos y miel de abeja [2].

2. Desarrollo

2.1. Etapa de gabinete

La Laguna del Valle de las Garzas se encuentra dividido en dos zonas por un tramo carretero, creándose aleatoriamente dos colonias: Valle de las Garzas y Las Brisas esta última con una franja de manglar de 1.5 km por 0.6 Km. de la especie de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y blanco (*Laguncularia racemosa*). Con la finalidad de cuidar y preservar dicha franja se creó para los colonos de Las Brisas, el programa “Crear conciencia ambiental y contribuir a la sustentabilidad ambiental de los mangles”. En el periodo de marzo a junio de 2009, la Universidad de Colima con la colaboración de la Dirección de Ecología del Ayuntamiento de Manzanillo, se organizaron tres actividades: Talleres “Reciclaje de papel” y “Corte de vidrio”, pláticas y recorridos en los manglares para cuantificar y clasificar los residuos sólidos.

La Dirección de Ecología, contrato personal para capacitar a los alumnos de 7ºsem., de la Licenciatura en Administración de Recursos Marinos y profesores en las técnicas de reciclaje de papel y corte de vidrio, realizo y entrego las invitaciones oficiales a los directores de las escuelas primarias de la colonia y proporciono el material y equipo: licuadoras, extensiones para electricidad, tinas, bastidores, hojas de reuso, periódico, garrafones de agua, prensa, botellas de vidrio, cable, clavijas, pijas, agarradera y resistencias. También realizo el perifoneo y los volantes, donde se les informo a los colonos, el lugar, el día y la hora de las pláticas, las cuales fueron impartidas por profesores investigadores de la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad de Colima.

2.2. Etapa de campo

Los recorridos se realizaron a pie, observando y fotografiando las condiciones en las que se encontraban los manglares, se clasificaron y cuantificaron los residuos sólidos, considerando la propuesta de grupos de basura [3].

3. Resultados

En la semana de la tierra del 20 al 24 de abril del año 2009, se impartieron los talleres de Reciclaje de papel” y “Corte de vidrio”, participaron 82 alumnos, el 100% realizaron papel y solo el 35% hizo corte de vidrio, resultando 45 vasos decorados. Se muestran fotos en las Figuras de 1-6.



Figura. 1. Reciclaje de papel



Figura 2. Botella cortada



Figura. 3. Decorando vaso

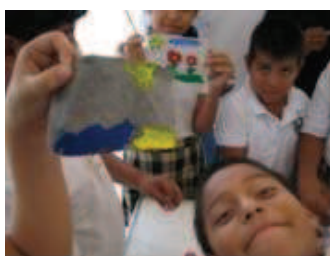


Figura.4. Niño participando



Figura. 5. Jóvenes en acción



Figura.6. Secado del papel

Se impartieron 4 pláticas a 139 alumnos y se realizaron 3 reuniones con 68 colonos, enfatizando la biología, la función ecológica y los beneficios de los manglares. Se hicieron 8 muestreos del 1 al 30 de abril de 2009, cuantificándose 893 objetos ver Tabla 1 y se muestran fotos en las Figuras de la 7-12. Las ventajas que proporcionaron los recorridos en los manglares con los colonos, fue que observaron la flora y fauna, muchos de ellos se maravillaron al ver águilas sobrevolando el manglar, garrobos de hasta un metro de longitud escalando los manglares y familias de hasta 8 integrantes de mapaches, además, variedad de aves.

Tabla 1. Porcentaje de residuos sólidos colectados

Porcentaje	Clasificación	Objetos encontrados
36%	vidrio	ventanas, puertas, botellas y pedacería
19%	plásticos	pet, vasos, platos, recipiente de alimento, juguetes, cucharas, tenedores y bolsas
11%	Metal	botes de bebidas, latas y varillas
5%	unicel	vasos y platos
8%	papel y cartón	periódico, hojas, cajas
1%	Otros	colchones, W.C., videocasetera, roperos, sandalias, zapatos, ropa, encendedores

Los objetos que se encontraron en los 8 recorridos: bolsas plástico solas y con basura, material de jardinería, pedacería de vidrio y restos de alimento. Los objetos descomunales que se encontraron fueron: Colchones, sillones, WC, cómodas, roperos, arboles completos.



Figura. 1. Sillón



Figura. 2. Escombros



Figura. 3. Poda



Figura. 1. Plástico



Figura. 2. Videocasetera



Figura. 3. Vidrio

4. Conclusiones

La falta de información, el desinterés o la negligencia; ha producido el siguiente cúmulo de consecuencias en las áreas de manglar: Pérdida de superficie cubierta por manglar y fauna. Modificación del suelo. Cambios en el proceso de inundación. Pérdida de zonas húmedas. Todas éstas consecuencias constituyen problemas que afectarán directa e indirectamente a la población en un futuro no muy lejano, sin embargo es necesario analizar los impactos negativos y positivos que se presentarán a causa de las consecuencias antes mencionadas. Para esto es necesario trabajar con un programa de educación ambiental destinado a la formación de comunidades conscientes y preocupadas del entorno y sus problemas que reconozcan valores, que desarrollen actividades y actitudes, teniendo la motivación necesaria para trabajar, ya sea como individuo o colectivamente en la solución de problemas presentes y prevenciones futuras. El gobierno actualmente se encuentra en situaciones en las cuales debe decidir por el futuro de los puertos, por un lado tiene el impacto que el comercio internacional tiene sobre la economía local, las necesidades de planeación de desarrollo por asentamientos humanos y, por el otro como lograr un ambiente limpio y un manejo adecuado de los recursos naturales. Las actividades desarrolladas en la zona costera son de gran importancia y es indispensable cumplir las necesidades que surgen para el crecimiento y desarrollo social y económico a nivel local, nacional e internacional. Para esto es indispensable cumplir con normas y requisitos valorando el impacto de la reglamentación ambiental sobre la competitividad y las decisiones de inversión de las empresas [4].

Los estados con el mayor porcentaje de manglares en áreas protegidas federales son: Baja California (100%), Campeche (90.3%), Chiapas (66.9%) y Quintana Roo (64.5%). En Colima, Michoacán, Nayarit y Guerrero no hay áreas protegidas federales [2].

Las personas necesitan redefinir sus valores y creencias y cuidar los manglares, es necesario concientizar a los colonos que viven aledaños a los manglares para que ayuden a mantenerlos limpios, siendo los *supervisores ambientales*, ya que los malos hábitos que hemos mantenido durante años en relación con el ambiente, podemos, si queremos, modificarlos [5].

Las causas por las cuales tiramos residuos sólidos son: Ignorancia, Hábito de producción y consumo, Irresponsabilidad y Pereza [6].

Una propuesta que podríamos considerar un estrategia preventiva, para minimizar los residuos sólidos en los manglares, es la educación ambiental que busca generar conocimientos, reconocer habilidades, fortalecer valores y promover actitudes de respeto hacia la protección y el mejoramiento del ambiente, esto con el fin de promover una acción participativa y lograr un bien colectivo común [7].

Referencias Bibliográficas

- [1] Flores-Verdugo, F. Gonzalez-Farias, F. Zamorano, D.S. and Ramirez Garcia P. Mangrove Ecosystems of the Pacific Coast of Mexico Distribution, Structure, Litter fall, and Detritus Dynamics. 1992. Coastal Plant Communities of Latin America, U. Seeliger (Ed.), Academic Press Inc.
- [2] CONABIO. 2009. Manglares de México: Extensión y distribución. 2ª ed. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 99 pp.
- [3] Silva Iñiguez, L. Evaluación de la basura marina en la playa Municipal de Ensenada, B. C., 2002. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B. C., México. 182 p
- [4] Jiménez-Ramón G.A. Medina Casillas Y. Serratos Figueroa F. A. Ferreira Rivera M. Pérez-López R. Proyecto “Programa de Educación Ambiental: Protección al Manglar de la Zona Costera de la costa de Colima”. Gobierno del estado de Colima. Secretaría de Fomento Económico. 2013. 37pp.
- [5] Pérez-López R. Manual del “Curso-taller: La importancia de la educación ambiental y su relación con la basura” Facultad de Ciencias Marinas. Universidad de Colima. México. 43pp.
- [6] Vogel Martínez, E. Alva Urdanivia, R. y Rivas Rodríguez E. Contaminantes del suelo y residuos sólidos. *Ciencia ambiental y desarrollo sostenible*. International Thomson Editores, 690. 1997. México, D.F.
- [7] Barraza Lomeli L. Educar para el futuro: En busca de un nuevo enfoque de Investigación en Educación Ambiental. Memorias Foro Nacional de Educación Ambiental. UAA, SEP y SEMARNAP. Morelia, Michoacán, México. 2007. 260 pp.

APARTADO II

Caracterización de Residuos
Tratamiento-Valorización de Residuos
Recuperación de Energía a partir de Residuos
Rellenos Sanitarios-Vertederos
Tecnologías para el manejo de Residuos Sólidos



ÍNDICE POR CONTENIDO

Caracterización de Residuos	Estudio de Caracterización de residuos en viviendas de interés social.....	136
	<i>María Fernanda Alejandre R. , Liliana Márquez Benavides, Otoniel Buenrostro Delgado</i>	
	Caracterización de residuos sólidos en una Institución de Educación Superior para implementar un SGA.....	140
	<i>José Gpe. Melero Oláquez, Dora Argelia Hernández Martínez, Sara Ojeda-Benítez</i>	
	Caracterización de residuos sólidos urbanos en una Universidad privada del municipio de Acapulco Guerrero.....	146
	<i>Benjamín Castillo Elías</i>	
	Cuantificación de los residuos electrónicos en la Universidad Michoacana de san Nicolás de Hidalgo, para la realización del plan de manejo integral.....	152
	<i>Evelia Santillán Ferreyra, Liliana Márquez Benavides, María del Consuelo Hernández Berriel, María del Consuelo Mañón Salas</i>	
	Residuos de vidrio en la producción artesanal de esferas.....	158
	<i>Guadalupe Romero-Ortiz, Adrián Morales-González, David Sánchez-Galeote, Rosa María Espinosa-Valdemar y Alethia Vázquez-Morillas</i>	
	Evaluación física y química de lixiviados de residuos de manejo especial, de la empresa REDESO en Tepic, Nayarit.....	163
	<i>Diana Ibarra Rodríguez, I. Paz Hernández Rosales, Mercedes Teresita Oropeza Guzmán, Claudia E. Saldaña Durán</i>	
	Determinación de la conductividad térmica de materiales para modelar la velocidad de transferencia de calor por conducción en biosecado.....	170
	<i>Javier Díaz Megchún, Manuel de Jesús Macías Hernández, Anselmo Osorio Mirón, Fabián Robles Martínez</i>	
	Caracterización fisicoquímica en diferentes años de los residuos sólidos urbanos del relleno sanitario de Zinacantepec, México.....	176
	<i>Elvira Olay Romero, María del Consuelo Hernández Berriel, María Claudia Delgado Hernández, Isaías de la Rosa Gómez, Otoniel Buenrostro Delgado</i>	
	Clasificación de residuos de manejo especial de supermercados y centros de servicios en la ciudad de Tepic, Nayarit.....	182
	<i>Claudia E. Saldaña Durán, Diana Ibarra Rodríguez, I. Paz Hernández Rosales</i>	

**Tratamientos
y valorización
de Residuos**

Biodegradación anaerobia de plásticos residuales.....	188
<i>Mateo Bravo Chuela, Liliana Márquez Benavides, Evelia Santillán F., Ma. Del Consuelo Hernández-Berriel</i>	
Simulación en Aspen Plus de la extracción de aceite esencial de cáscara de naranja residual.....	194
<i>José Ramón Ayala Bautista, Gisela Montero Alpírez, Laura Pérez Pelayo, Marcos Coronado Ortega, Conrado García González, Jesús Cerezo Román</i>	
Eliminación biológica de nitrógeno presente en los lixiviados generados en un sitio de disposición de residuos sólidos urbanos aplicando un reactor híbrido con biomasa en suspensión y fija.....	200
<i>María Fernanda Pérez Bernal, Arodí Bernal Martínez, Germán Cuevas Rodríguez</i>	
Extracción de aceite esencial de hojas de eucalipto (<i>Eucalyptus camaldulensis</i>) en Baja California.....	206
<i>Conrado García González, Gisela Montero Alpírez, Marcos A. Coronado Ortega, Ana M. Vázquez Espinoza, Laura J. Pérez Pelayo, Ramón Ayala Bautista, Alejandro A. Lambert Arista, M. Marcela Acosta Gómez</i>	
Compostaje de biosólido.....	212
<i>Beatriz Juárez Robles, Isaías de la Rosa Gómez, Ma. Consuelo Hernández Berriel, Guadalupe Macedo Miranda</i>	
Evaluación de parámetros inorgánicos y actividad enzimática en vermicomposta.....	218
<i>Pedro Del Aguila, Rocío Vaca, Jorge Lugo, Nancy Serrano, Rosaura Miranda, Estephany Arcos</i>	
Ladrillos verdes: opción para materiales recuperados sin valor comercial reconocido.....	224
<i>María Fernanda Serrano Guzmán, Norma Cristina Solarte Vanegas, Diego Darío Pérez Ruiz, Néstor Darío Hernández Vargas, Diana Montero González</i>	
Aprovechamiento de residuos de explotación de roca para preparación de materiales de construcción.....	230
<i>María Fernanda Serrano Guzmán, Diego Darío Pérez Ruiz, Mateo Sarmiento Gómez, Cristhian Toloza</i>	
Codigestión anaerobia de residuos sólidos orgánicos y lodos residuales para la generación de bioenergía.....	236
<i>Arodí Bernal Martínez, Claudia Virginia Carranco Resendiz, Germán Cuevas Rodríguez</i>	

	Evaluación del efecto de las bolsas de plástico en suelo utilizando una especie vegetal indicadora	240
	<i>Maribel Velasco-Pérez, Beatriz A. García-García, Alethia Vázquez-Morillas, Margarita Beltrán-Villavicencio</i>	
	Propuesta de localización de una estación de transferencia para el manejo integral de Residuos Sólidos Municipales (RSM) en el municipio de Lerma, Estado de México	246
	<i>Juan Roberto Calderón Maya, Héctor Campos Alanís, Ana María Marmolejo Uribe</i>	
Recuperación de Energía	Obtención de hidrógeno utilizando la energía residual de las pilas usadas.....	254
	<i>José Antonio Guevara García, Beatriz Morales Chamorro, Sergio Ruíz Hernández, Brian Manuel González Contreras, Miguel Ángel Munive Rojas</i>	
	Cuantificación de emisiones de metano en digestores anaerobios rurales empleados en el tratamiento de residuos agrícolas.....	260
	<i>Bernd Weber, Sabrina Eichenauer</i>	

Rellenos Sanitarios-Vertederos	Aplicación de dos procesos Fenton y foto Fenton para el tratamiento de lixiviados generados en un vertedero de RSU.....	266
	<i>Arodí Bernal Martínez, Carlos Javier Escudero Santiago, Germán Cuevas Rodríguez</i>	
	Análisis de la contaminación por metales pesados de los residuos sólidos confinados en el relleno clausurado de Morelia.....	270
	<i>Otoniel Buenrostro Delgado, Ma. del Consuelo Hernández Berriel, Liliana Márquez Benavides y Ruth Alfaro Cuevas</i>	
	Diagnóstico de las condiciones actuales de operación de los Sitios de Disposición Final del Estado de México.....	276
	<i>Raúl González Cruz, Juan Felipe Núñez Espinoza, Fabián Robles Martínez</i>	
Simulación de Transporte del Contaminante en la Zona Vadosa del Relleno Sanitario Municipal de la Ciudad de Chihuahua, Chih.....	282	
<i>César Modesto Acosta, José Rivera Mejía</i>		
Plan de regularización del sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos de la cabecera municipal de Urique en el estado de Chihuahua , México.....	288	
<i>Emerso Millán Espinoza, Mayra Iveth Murillo Flores, Dolores Elizabeth Turcott Cervantes</i>		
Sitios adecuados para la implantación de un relleno sanitario de residuos sólidos urbanos.....	294	
<i>Rafael Martín Murray Núñez, Oyolsi Nájera González, Susana Marceleño Flores, María Guadalupe Orozco Benítez, Fernando Flores Vélchez</i>		
Cambios en la calidad del agua subterránea en los alrededores de un sitio no controlado de residuos sólidos.....	303	
<i>Guillermina Gómez Beltrán, Ma. Vicenta Esteller Alberich, Guillermo Pedro Morales Reyes</i>		
Tecnologías para el manejo de Residuos Sólidos		
Producción de carbón vegetal (biochar) una alternativa para residuos derivados del procesamiento de biomasa.....	309	
<i>Bernd Weber, M. Dolores Duran, Juan Pablo Gutiérrez, Sabrina Eichenauer, Ernst A, Stadlbauer</i>		

Estudio de caracterización de residuos en viviendas de interés social

¹María Fernanda Alejandre R., ^{2*}Liliana Márquez Benavides, ²Otoniel Buenrostro Delgado

¹ Maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Av. Francisco J. Mujica S/N Ciudad Universitaria, Morelia, Michoacán, México. C.P. 58030, 4431920972, maf.alejandre@gmail.com. ^{2*} Autor de correspondencia. Laboratorio de Residuos Sólidos y Medio Ambiente, Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Lmarquez@umich.mx

Resumen

Este estudio está enfocado en la realización de una caracterización de residuos sólidos, en viviendas de interés social en la ciudad de Morelia. El objetivo es conocer la generación de residuos sólidos municipales por unidad básica de vivienda para posteriormente, aunado a otros diagnósticos, evaluar las oportunidades de ahorro en términos energéticos y de emisiones. La metodología empleada en este estudio se desarrolla en tres fases que parte desde la selección del área de estudio en base a criterios socioeconómicos en la Fase 1, la selección del tipo de muestreo en la Fase 2 y, finalmente, la caracterización y el análisis de los residuos sólidos domésticos muestreados en la Fase 3. De una población de 433 viviendas se obtuvo la generación promedio de 1.3 kg/vivienda/día de residuos sólidos domésticos, de los cuales 36% son residuos alimenticios. Estos residuos, de manejarse adecuadamente tienen el potencial de generar 201 kWh y, ahorrar (mediante reciclaje) 240 kWh, lo cual representa una mitigación total de 239 kg de CO₂.

Palabras Clave: *Biomasa, caracterización, residuos domésticos.*

1. Introducción

Las viviendas de interés social son promovidas por el Programa Nacional de Vivienda Económica del INFONAVIT, que se enfoca a incentivar la construcción de viviendas con un valor que varía desde los \$354,562.00 M.N. hasta los \$709,122.00 M.N [1]. El éxito que tienen las viviendas de interés social en nuestro país radica en su bajo costo, sin embargo, para lograrlo éstas carecen de tecnología que reduzca su impacto al ambiente.

La mayoría de las actividades humanas, realizadas a lo largo del día, emiten gases de efecto invernadero y, en casas habitación estas emisiones están relacionadas con consumo de energía y generación de residuos sólidos o líquidos. Para conocer las oportunidades de ahorro en términos energéticos y de emisiones, se hace necesario hacer varios diagnósticos, entre ellos, el de la generación de residuos domiciliarios.

El objetivo de esta investigación fue realizar un estudio de caracterización de la generación de residuos sólidos domésticos en un fraccionamiento de interés social en la ciudad de Morelia, Mich.

Un estudio de caracterización cuantifica la generación per-cápita de los residuos municipales provenientes de viviendas, establecimientos comerciales e instituciones, entre otros. De tal manera que, es necesario conocer las características poblacionales existentes en el área de estudio a muestrear [2].

2. Metodología

El desarrollo de la caracterización se dividió en tres fases:

1. Selección del área de muestreo de acuerdo al estrato socioeconómico de interés.
2. Tipo de muestreo en base a la delimitación y caracterización del número de viviendas.
3. Caracterización de los residuos sólidos residenciales y análisis posterior.

1. Selección del área de muestreo

Para la selección del área de estudio se tomó en cuenta la clasificación del INEGI para considerar un estrato socioeconómico bajo y posteriormente se contactó al servicio de limpieza encargado del área de estudio.

2. Caracterización y muestreo.

El fraccionamiento resultado de la selección previa, es un fraccionamiento de nivel socioeconómico bajo que cuenta con 433 viviendas. Para la obtención de la muestra se realizó un muestreo aleatorio sistemático con un valor de $k=5$ al momento de la recolección diaria por parte del servicio de limpieza, y así, poder asegurar una muestra homogénea de la población de estudio.

3. Caracterización de los residuos sólidos residenciales.

La clasificación y separación de la muestra obtenida se realizó tomando como base lo establecido en la Norma Mexicana MNX-AA-22-1985, sin embargo, se realizaron ciertas adaptaciones; la muestra fue obtenida de un camión recolector mediante un muestreo aleatorio sistemático, el muestreo se llevó a cabo durante 6 días consecutivos y la caracterización se llevó a cabo de manera manual separando los subproductos en bandejas de plástico de diversas medidas. Al finalizar este proceso se pesaron las charolas (previamente taradas) para conocer el peso total de los mismos y se anotó en un formato.

3. Resultados y Discusión

El fraccionamiento seleccionado para el muestreo está integrado por 433 viviendas de interés social, habitado principalmente por familias jóvenes. Durante el muestreo, estos hogares generaron un promedio de 0.57 ton/día, lo cual indica que en promedio se generan 1.3 kg/vivienda/día de residuos sólidos. Las categorías más representativas fueron los residuos alimenticios con 200 kg y los pañales desechables de niños con 69 kg representando el 36% y el 13% respectivamente (ver tabla 1).

Tabla 1 Composición Semanal de Residuo Sólidos Domésticos

Categoría	Cantidad(kg)
residuos alimenticios	199.561
pañal desechable de niño	69.054
hule espuma	29.653
papel higiénico	27.313
trapo	18.887
cartón	18.201
vidrio	17.442
bolsa de película	17.102
plástico duro	16.272
Otros	16.106

Finalmente, en el estudio se observó que aproximadamente el 60% de los residuos pueden ser aprovechados mediante el reciclaje, recuperación o compostaje. La separación desde la fuente, facilitaría el aprovechamiento de los mismos al proveer de mayor eficiencia al proceso.

Al generar este tipo de datos se permiten establecer diferentes tipos de escenarios y estrategias para el manejo de los residuos en hogares y detectar áreas de oportunidad para el ahorro de energía, disminución de generación de residuos y, por lo tanto, disminución en la generación de gases de efecto invernadero.

Tomando como base los datos obtenidos a partir de la caracterización de los residuos domésticos generados de las viviendas que componen el fraccionamiento de estudio y, las distintas formas de aprovechamiento de los residuos sólidos domésticos se observa, que de aprovechar los mismos mediante distintas tecnologías se puede generar energía eléctrica y, a la vez, disminuir las emisiones de CO₂ (ver tabla 2).

Tabla 2 Energía generada/evitada y mitigación de CO₂ por tipo de manejo de residuos domésticos

Unidad	Biogás	Reciclaje	Incineración
kWh	200.748	239.8	4.97x10 ⁻⁸
kgCO ₂	108.805	129.97	2.69x10 ⁻⁸

Los valores de la tabla 2 se obtuvieron a partir de la utilización de tres metodologías distintas, en el caso del biogás se utilizaron las constantes del Modelo de Producción de Biogás Triangular propuesto por G. Tchobanoglous de 1994, en el caso de los valores de reciclaje se obtuvieron mediante la utilización de la herramienta iWARM de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés), y finalmente, los valores de incineración fueron obtenidos a partir de constantes establecidas por la EPA en el 2005.

A partir de los resultados obtenidos en la tabla 1 se observa que el mayor ahorro de energía se obtiene a partir del reciclaje de los residuos domésticos, obteniendo 240 kWh lo cual equivale a 130 kgCO₂ por otro lado, la incineración de los residuos representa el menor ahorro energético (4.97x10⁻⁸ kWh).

La implementación de una u otra tecnología no es mutuamente excluyente y, con el objetivo de optimizar el ahorro energético es recomendable implementar más de una tecnología. En este caso, de generar un plan de manejo donde se contemple la utilización de biodigestores y un programa eficiente de reciclaje se podría obtener un ahorro de energía eléctrica de 240 kWh y, a su vez, generar 201 kWh, por lo que la unidad habitacional podría mitigar en conjunto un promedio 12.4 ton de CO₂ anualmente.

Agradecimientos

Al servicio de recolección de residuos sólidos domésticos concesionado por el H. Ayuntamiento de Morelia, *Recolección y Transporte de Desperdicios de Basura S. A. de C. V.* y, al personal administrativo de *Privada San Mateo II* por su apoyo y colaboración durante el desarrollo de este estudio.

4. Conclusiones

La generación de residuos sólidos domésticos depende directamente de las características poblacionales, ya que este varía de acuerdo al nivel socioeconómico y el tamaño de poblacional. La caracterización de los residuos sólidos resulta ser un componente fundamental en la creación de planes de manejo de residuos y, de igual forma, proporcionan bases sólidas para establecer un balance energético en la búsqueda de opciones de mitigación.

Al manejar de manera adecuada los residuos se pueden obtener beneficios económicos, sociales y ambientales, ya que la generación de energía eléctrica a partir de residuos beneficia directamente la economía familiar y promueve el bienestar social y ambiental.

Referencias Bibliográficas

- [1] Dirección General del Registro Público de la Propiedad y de Comercio. Circular DG/01/2013. 19 de julio de 2013 Consultado en: http://www.consejeria.df.gob.mx/portal_old/civica/RPPyCDF01Costos2013.pdf.
- [2] Arenas M. Murillo, D. Solano, N. "Diagnóstico de la composición y caracterización de los residuos sólidos urbanos, en la comuna I del municipio de Yopal". 5 *Congreso interamericano de residuos sólidos*.

Caracterización de residuos sólidos en una Institución de Educación Superior para implementar un SGA

^{1,2}José Gpe. Melero Oláquez, ¹Dora Argelia Hernández Martínez, ²Sara Ojeda-Benítez

¹ Instituto Tecnológico de Mexicali, Departamento de Química, Av. Tecnológico s/n, Col. Elías Calles CP 21396, Mexicali, México. Tel (686)580-4980. brechista@gmail.com

² Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Ingeniería Calle de la Normal s/n y Blvd. Benito Juárez Col. Insurgentes Este, CP 21100, Mexicali, México.

Resumen

El Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica establece en su política ambiental, el compromiso de orientar todas las actividades de su proceso administrativo hacia el respeto del medio ambiente y una de sus metas es disminuir la generación de residuos sólidos urbanos. Bajo esta premisa y para implementar un sistema de gestión ambiental (SGA) en el Instituto Tecnológico de Mexicali, se caracterizaron bajo la norma oficial vigente la totalidad los residuos generados en primavera y en otoño. Los resultados muestran que el 51% son orgánicos, el 32% son reciclables y los no reciclables son el 17%. La certificación ISO14001:2004/NMX-SSA-14001-IMNC-2004 implica que todos los miembros de la institución deben estar comprometidos a seguir una línea de conducta proambiental para disminuir la generación de los residuos, además de buscar alternativas para reciclar y reusar el 83% del total de los residuos. En este trabajo se muestran los resultados de la caracterización que permitió cumplir con los requisitos que establece el SGA para certificar ambientalmente a una institución del SNEST, además nos permitió transmitir y generar conocimiento en los estudiantes en el manejo de residuos sólidos. Las actividades que las autoridades están realizando a partir del presente trabajo en el rubro de residuos sólidos, muestran que es el tiempo favorable para implementar una cultura de responsabilidad ambiental en la institución.

Palabras Clave: *Certificación, conducta proambiental, política ambiental, residuos sólidos.*

1. Introducción

Para que una Institución de Educación Superior (IES) establezca el compromiso de orientar las actividades del proceso educativo que conlleven a respetar el medio ambiente y cumplir con la legislación ambiental vigente para promover el uso racional de los recursos, minimizar la contaminación y desarrollar un programa de educación ambiental en todos sus miembros, se debe implementar y operar en forma eficiente y continua un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) conforme a la norma ISO 14000 [1]. Es una herramienta para que cualquier organización conozca las implicaciones ambientales de sus actividades y poder establecer mecanismos de control y mejora continua en temas de medio ambiente así mismo, se cumple con la responsabilidad de preparar profesionales que realicen su trabajo en forma ambientalmente correcta para que sus acciones generen el menor impacto posible al medio [2]. Adecuar la política ambiental a las exigencias del entorno, formando, informando y sensibilizando a los miembros de la IES es un procedimiento inherente a los procesos de enseñanza-aprendizaje que ésta provee a la comunidad [3], la dimensión ambiental de este proceso permite la formación de profesionales, fomenta la investigación, se generan servicios públicos tanto a la sociedad como al sector productivo y se gestiona la optimización de los recursos humanos y los recursos naturales. Internacionalmente, la

UNESCO inició el debate para reorientar la educación hacia el desarrollo sostenible [4], a partir de entonces han surgido proyectos de particulares, organizaciones no gubernamentales (ONGS) y gobiernos donde se plantea que la educación debe ser globalmente interdependiente y los ejes de acción incluyen además de la dimensión económica y social, la dimensión del medio ambiente. Las IES juegan un papel importante pues no solo impactan en sus alumnos, sino en la sociedad en general, su accionar de manera transversal en todos los ámbitos de la sociedad las convierten en un ejemplo a seguir si ponen en práctica lo que predicán involucrando y comprometiendo a todos sus miembros en agentes de cambio para minimizar y manejar en forma adecuada los residuos sólidos [5]. Implementar y organizar una cultura del desarrollo sustentable para lograr el compromiso y participación de manera activa de todos los miembros de una IES no es una tarea sencilla, se requiere de una planeación estratégica de parte de las autoridades educativas, y, a partir de éstas, se desarrollen planes y programas que permitan a todos adquirir los conocimientos, valores, actitudes y habilidades necesarios para proteger y mejorar el medio ambiente [6].

Con la firma del Director General de Educación Superior Tecnológica (DGEST) y de todos los directores de los Institutos Tecnológicos (IT's) del país de: “Por la carta de la tierra, para la vida en ella” [7], la aceptaron como guía y marco teórico para la toma de decisiones de todos los planes y políticas para el desarrollo sustentable en los IT's, y con esto, se inició en forma sistemática la puesta en marcha de lo que actualmente se denomina SGA en los IT's, buscando con esto sumar esfuerzos por un mundo mejor en el que la protección ambiental y el desarrollo sustentable se den bajo principios éticos para garantizar una convivencia armónica. Para lograr los principios de calidad, eficiencia y pertinencia, el Instituto Tecnológico de Mexicali como parte del Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica (SNEST) formó un comité que le permitiera como Institución, obtener la certificación en esta norma ambiental, en cuatro ejes principales: Uso eficiente del agua, disminución del consumo de la Energía Eléctrica, disminución de los residuos peligrosos y manejo integral de los residuos sólidos urbanos [8]. Este trabajo muestra el resultado de la caracterización que se realizó para cumplir el cuarto eje; según la NMX-AA-022-1985, se caracterizaron los residuos sólidos que se generan en edificios y pasillos, jardines y cafetería en la institución en dos etapas; una en primavera y la otra en otoño.

2. Desarrollo

El Instituto Tecnológico de Mexicali, ubicado en la ciudad de Mexicali, B.C., es una Institución de Educación Superior que es parte del SNEST. Actualmente la Institución cuenta con 2,431 alumnos en 12 carreras de licenciatura, 250 docentes y 79 administrativos. Junto con las áreas verdes, jardines, estacionamientos y espacios deportivos se cuenta con una extensión aproximada de 30 hectáreas. Las líneas de acción que se siguieron para cumplir con el proceso administrativo, además de los responsables de cada procedimiento [8], se muestran en la figura 1, el punto 5 (en color verde) es el motivo del presente trabajo. Cabe hacer notar que en la figura se mencionan áreas de la institución que tienen un papel preponderante en el proceso administrativo, en el apartado de “personal, clientes y partes interesadas” está incluido el mayor porcentaje de los miembros que deben participar. Por cuestiones administrativas, en primavera no se caracterizaron los residuos generados en el edificio de la cafetería. En este trabajo participaron cuatro estudiantes de servicio social, además de dos empleados de servicios generales.

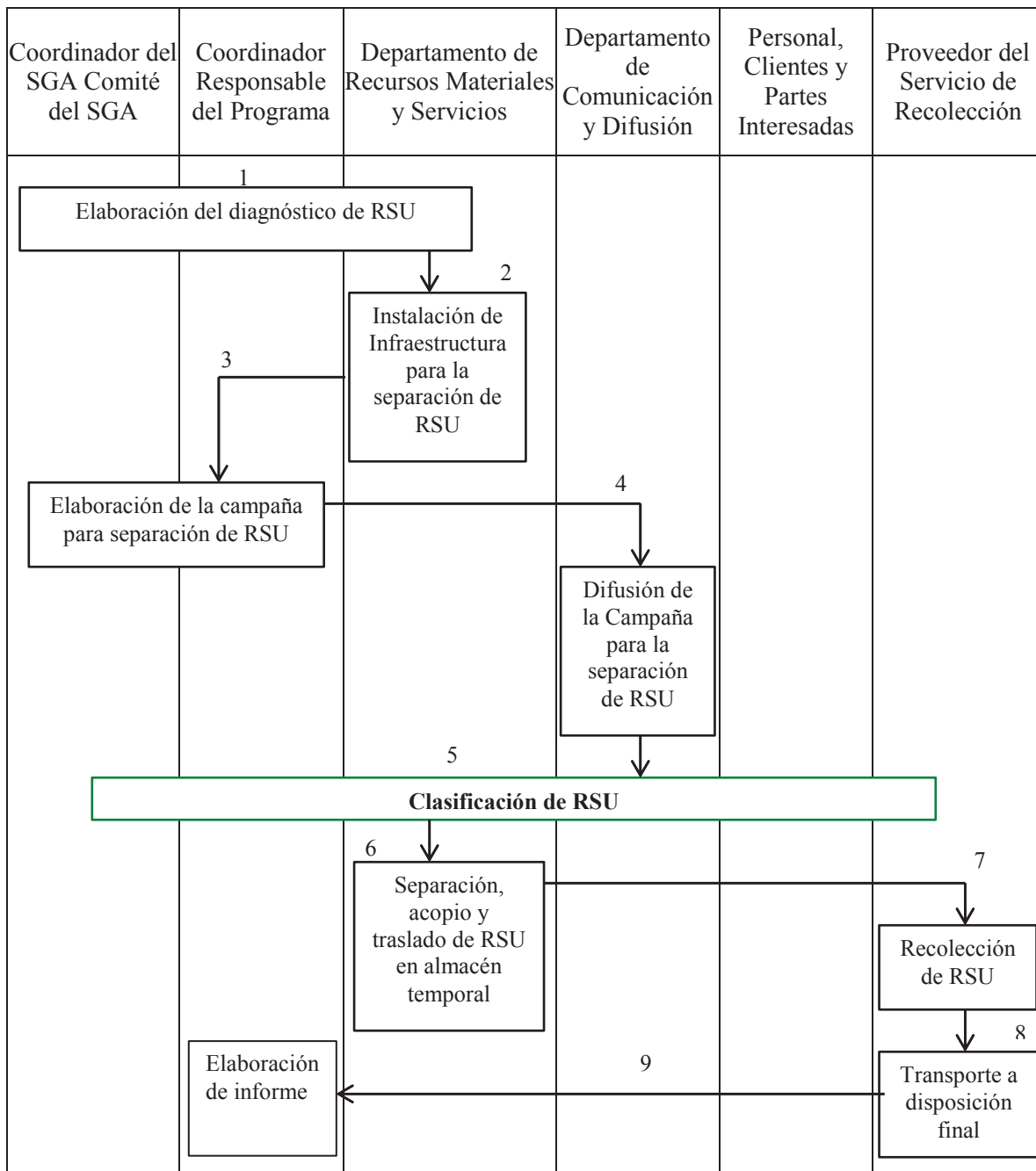


Figura 1: actividades del proceso administrativo

2.1. Materiales

El equipo utilizado para realizar la caracterización fue una camioneta tipo pick-up, 1 Báscula digital marca AND HV-200 KGV, cap. 60 kgx0.002 kg. 120 v ~, 50/60 Hz, junto con otros materiales que marca la norma NMX-AA-022-1985.

2.2. Método

El estudio de caracterización y cuantificación de los residuos sólidos que se generan en el ITM se realizó con base a la NMX-AA-022-1985 con modificaciones de acuerdo con Ojeda-Benítez et al [9]. La hoja de registro cuenta con ocho categorías (productos), para un manejo práctico de éstas, la tabla 1 muestra la agrupación de las categorías y subcategorías de los residuos.

Tabla 1. Clasificación de subcategorías de los residuos sólidos

Categorías	Subcategorías
Papel y cartón	Papel bond, revistas, periódicos, cartón, otros
Plásticos	Contenedores 1y 2, contenedores 3-7, bolsas de plástico, varios tipos de plásticos.
Orgánicos	Residuos de comida, hojas, pasto y pequeñas ramas, otros.
Metales	Aluminio, metales, hojalata, otros.
Vidrio	Vidrio verde, ámbar, transparente, otros.
Peligrosos	Limpiadores, baterías, reactivos, insecticidas, otros
Construcción	Arena, piedras, madera, otros.
Otros	Residuos sanitarios, líquidos, otros.

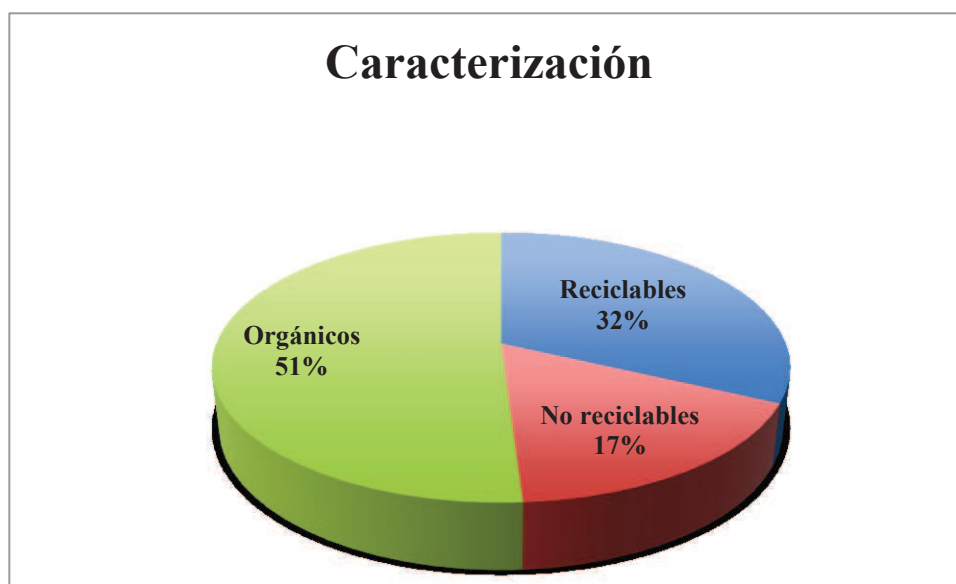
3. Resultados

La tabla 2 muestra la composición (%) de las subcategorías descritas en la tabla 1 de los residuos generados en las dos etapas en edificios, jardines y cafetería de la institución. Como se observa, los porcentajes en los principales residuos que se generan en la institución (papel/cartón, plásticos, orgánicos y residuos sanitarios -otros-) no tienen una variación significativa en ambas etapas de la caracterización, el promedio de residuos sólidos generados diariamente es de 194.75 kg., de éstos, 99 kg corresponden a residuos orgánicos, 62 kg a reciclables y 33 kg a no reciclables. Los porcentajes que se muestran corresponden al peso total de los residuos. Prácticamente no se encontraron envases con residuos peligrosos mezclados con los RSU y tampoco se encontró una cantidad significativa de plumones utilizados por el personal docente en los pizarrones, indicando con esto que son depositados en contenedores ubicados fuera de la institución.

Tabla 2. Composición (%) de los residuos generados por área

	Edificios		Jardines		Cafetería
	Primavera	Otoño	Primavera	Otoño	Otoño
Papel y cartón	16.32	23.3	19.12		
Plásticos	28.48	20.11	7.53		33.89
Metales	0.74	3.32			
Vidrio	7.36	1.87			
Orgánicos	22.17	16.85	57.81	95.76	60.36
Construcción		0.65		4.24	
Peligrosos	0.75	0.4			
Otros	24.18	33.5	15.54		5.75

La figura 2 muestra que del total de residuos generados en el ITM, el 83 % de estos tienen potencial para ser aprovechados antes de su disposición final. La bitácora de la norma ISO 14000 segmenta en cuatro partes los residuos sólidos urbanos; orgánicos, reciclables, no reciclables y PET, puesto que el PET es reciclable, para ambas caracterizaciones, en la figura, se incluye en ese mismo rubro. En el formato de la bitácora de residuos sólidos urbanos que requirió el comité evaluador del SGA, los resultados del PET se presentaron en forma separada.

**Figura 2:** potencial de reciclaje de los residuos generados en la institución

4. Conclusiones

El estudio de caracterización y cuantificación de los residuos sólidos generados en la institución se llevó a cabo no solo con el fin de cumplir con los requisitos del SGA, sino también para buscar formas y métodos de participación de los estudiantes en el manejo de los residuos sólidos de la institución, sobre todo, antes de su disposición temporal. Realizar el diagnóstico de generación de los RSU permitió proponer e implementar un programa dirigido a todos los miembros de la institución para depositar los residuos en contenedores adecuados para acopiarlos, reusarlos o reciclarlos con mayor facilidad y fluidez.

Conocer los datos de generación de RSU permitió también establecer un convenio con una empresa local para la recolección de estos. En conjunto con el coordinador encargado del manejo de los RSU del SGA de la institución se desarrollaron algunas estrategias con el objetivo de incidir en la disminución de la generación de residuos, además de que se aprovecha la participación de los estudiantes en dos formas: una de ellas como parte de la formación ambiental que todo estudiante del SNEST debe tener y la otra a través del programa de servicio social institucional. Los resultados obtenidos de la caracterización permitieron generar los reportes que solicitó a la institución la entidad evaluadora del SGA que fueron aceptados para cubrir los requisitos que establece la normatividad en el rubro de RSU y con ello obtener la certificación ambiental.

Cabe hacer mención que la elaboración del informe final en el rubro de RSU, presentación ante los directivos y detallado final del documento que se entregó al comité evaluador fue un esfuerzo interdisciplinario de los que realizamos la caracterización, los estudiantes de servicio social, los elementos de servicios generales encargados de la recolección de residuos y del coordinador del SGA de la Institución.

Referencias Bibliográficas

- [1] ISO1400 Environmental management. Consultado 5 Junio 2013.
<http://www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso14000.htm>
- [2] Muñoz, Alvaro y Sansano Irene. 2009. UPV. Tomado el 4 Junio 2013 de:
<http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/6381/FOR.OPOS.PAS-ImplantacionSGA-irsandel.almusan-2.pdf>
- [3] Ude Málaga. 2012. Política ambiental de la Universidad de Málaga. Consultado el 3 Junio 2013 de:
www.sga.uma.es
- [4] UCC. 2008. Sistema de Gestión Ambiental de la Universidad Cooperativa de Colombia. Consultado el 28 Mayo 2013 en: http://www.ucc.edu.co/bogota/Documents/gestion_ambiental.pdf
- [5] UC. 2004. Gestión Ambiental de la Universidad de Colima. Consultado el 28 Mayo 2013.
http://digeset.ucol.mx/iso9001/iso_archivos/material%20de%20consulta/SGA%5B1%5D.pdf
- [6] BUAP. 2009. Plan estratégico para implementar el SGA en la BUAP. Consultado el 23 Mayo 2013 en:
http://www.buap.mx/portal_pprd/work/sites/didesi/resources/LocalContent/85/2/UNIDAD%203.pdf
- [7] DGEST. 2006. Por la carta de la tierra para la vida en ella. Consultado el 18 Mayo de 2013 en
www.snit.mx
- [8] ITM. 2012. SGA del Instituto Tecnológico de Mexicali. Consultado el 6 Junio 2013 en:
www.itmexicali.edu.mx
- [9] Ojeda-Benítez S, Armijo-de Vega C y Ramírez-Barreto E. "Characterization and quantification of household solid wastes in a Mexican city," *Resources, Conservation and Recycling*. 2003. pp 211-222.

Caracterización de residuos sólidos urbanos en una universidad privada del municipio de Acapulco, Guerrero

Benjamín Castillo Elías

Unidad Académica en Desarrollo Sustentable de la Universidad Autónoma de Guerrero. Carretera Federal Acapulco-Zihuatanejo Km 106+900, Col. Las Tunas, Tecpan de Galeana, Guerrero, Méx. CP. 40900, Tel. 7441913002 e-mail: bcastilloe@hotmail.com

Resumen

Las instituciones de educación superior deben establecer políticas ambientales que propicien el desarrollo sustentable a través de la prevención, generación, valoración y gestión ambiental de los residuos sólidos urbanos (RSU), residuos peligrosos, y de manejo especial, así como prevenir la contaminación con estos residuos. Se realizó un diagnóstico en el campus universitario de la Universidad Loyola del Pacífico para conocer el manejo de los residuos sólidos no peligrosos, residuos peligrosos y otras actividades alternas a la separación de los RSU consideradas como áreas de oportunidad. Se presentó una propuesta referente al manejo y la correcta separación de los residuos sólidos urbanos en el campus universitario, consistente en campañas de “Recolección y separación de plásticos PET y pilas usadas” generados en el campus; gestionando con una empresa recolectora y con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) la recepción del citado material para darle un destino final adecuado conforme a la legislación ambiental mexicana. Asimismo, se detectó como áreas de oportunidad el gasto inadecuado de luz y agua, así como un riesgo por la falta de señalización de sustancias químicas peligrosas almacenadas en la institución. De acuerdo con los resultados, fue necesaria la elaboración de recomendaciones con las medidas para prevenir y corregir deficiencias en la institución referente al correcto manejo y separación de los diferentes residuos sólidos urbanos generados en el campus universitario, de tal forma que se fomente la cultura y educación ambiental entre los estudiantes y trabajadores enfocados en la separación correcta de los RSU.

Palabras Clave: *consumo sustentable, diagnóstico, reciclaje, separación, Universidad Loyola del Pacífico.*

1. Introducción

Las instituciones de educación superior, además de formar estudiantes y generar conocimientos, procesan recursos como energía, agua, comida y materiales diversos, que deben recibir un tratamiento adecuado [1]. Por lo tanto, se deben establecer políticas ambientales que propicien el desarrollo sustentable a través de la prevención, generación, valoración y gestión ambiental de los residuos sólidos urbanos (RSU), residuos peligrosos, y de manejo especial, así como prevenir la contaminación de sitios con estos residuos. Estas instituciones deben adoptar políticas tendientes al consumo sustentable, que ayuden a reducir la cantidad de residuos que generan, a adquirir materiales y productos reciclados o reciclables, así como la compra de productos que puedan ser retornados junto con sus envases o embalajes a los proveedores [2]. La Universidad Loyola del Pacífico es una institución de educación superior cuya misión es la formación académica y humana integral de todos los alumnos, profesores y trabajadores, para contribuir responsablemente al desarrollo armónico y con justicia social de la región y el país, mediante la generación,

conservación y transmisión del conocimiento y la cultura, en un ambiente de apertura, libertad y respeto para todos; cuenta con una oferta académica de 9 programas de licenciatura con una matrícula de 250 alumnos en total y 500 empleados entre académicos, administrativos e intendentes.

2. Desarrollo (metodología)

El objetivo fue realizar un diagnóstico ambiental referente al manejo y concientización ambiental para la correcta separación de los Residuos Sólidos Urbanos en la Universidad Loyola del Pacífico. Se realizó un diagnóstico en las instalaciones del campus universitario mediante la observación participante como técnica de investigación que involucra la interacción social entre el investigador y los informantes clave para reunir datos de modo sistemático; se realizó la aplicación de encuestas entre los estudiantes de las diferentes carreras eligiendo una muestra aleatoria de un número de 154 de un total de 250 alumnos para obtener información sobre los aspectos de separación de los residuos sólidos y se tomaron fotografías como material de apoyo [3], [4] para conocer aspectos relacionados con el manejo de los residuos sólidos no peligrosos, residuos peligrosos y otras observaciones alternas a la separación de los RSU consideradas como áreas de oportunidad.

3. Resultados y discusión

De acuerdo con la encuesta aplicada a los alumnos, se obtuvieron registros sobre la situación ambiental, detectando que se carece de una correcta separación de los residuos sólidos generados en la institución, se tiene poca percepción sobre cuestiones ambientales, ya que no se le da un trato especial a los residuos que se generan, no se hacen campañas de separación de los residuos, los residuos peligrosos son mezclados con la basura común sin recibir un destino adecuado (**Figura 1**).

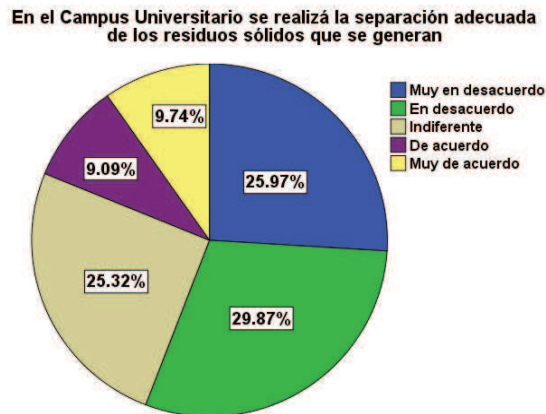


Figura. 1. Porcentaje de resultado de encuestas sobre la correcta separación de RSU

De las observaciones detectadas durante el diagnóstico realizado, se presentó una propuesta referente al manejo y la correcta separación de los residuos sólidos urbanos en el campus universitario, proponiendo medidas correctivas consistentes en la implementación de la campaña de “Recolección y separación de plásticos PET” para lo cual se colocaron contenedores para el depósito de los residuos de envases de plástico provenientes de diversos productos como refrescos y aguas purificadas generados en el campus universitario” (**Figura 2**).



Figura. 2. Campaña de Recolección y separación de plásticos PET.

Asimismo, se propuso la campaña de “Recolección y separación de pilas usadas” colocando contenedores para el depósito de las pilas en desuso provenientes de diversos aparatos electrónicos (Figura 3).



Figura. 3. Campaña de Recolección y separación de pilas usadas.

Igualmente, se elaboró la recomendación con referencia a la generación y reutilización de hojas de papel en las diferentes áreas de oficinas (Figura 4) con la finalidad de evitar la impresión de documentos, ya que las nuevas políticas internacionales como las ISO-14001 [5] indican proporcionar un ahorro de costos a través de la reducción de residuos y un uso más eficiente de los recursos naturales; si es posible procurar manejar dichos documentos en electrónico y en formato PDF.



Figura. 4. Campaña de reutilización de papel en las diferentes áreas de oficinas.

Aunado con lo anterior, para reforzar el proceso de concientización ambiental, se realizó una mesa de debate sobre el Reciclaje en Acapulco "Utopía o realidad", organizado por UNIRED-Loyola (**Figura 5**), donde se trató el análisis sobre la definición del reciclaje; los tipos de residuos sólidos (basura) producidos diariamente; las formas de manejo de los residuos; la aplicación de las 3 R's; una presentación de los materiales considerados potencialmente reciclables; las ventajas del reciclaje; el marco legal ambiental que establece los lineamientos para el manejo de residuos y antecedentes del reciclaje en Acapulco.



Figura. 5. Mesa de debate sobre el Reciclaje.

Asimismo, se detectó como áreas de oportunidad el gasto inadecuado de luz y agua (**Figura 6**), así como un riesgo por la falta de señalización de sustancias químicas peligrosas almacenadas en la institución (**Figura 7**). Los aspectos aquí detectados, son similares a un trabajo realizado en el Municipio de Acapulco [3], donde la separación de los RSU en instituciones educativas se mantiene en condiciones desfavorables.



Figura. 6. Gasto inadecuado de luz y agua.



Figura. 7. Sustancias peligrosas almacenadas.

Referente a las campañas de recolección y separación de PET y pilas usadas, éstas fueron exitosas, realizando la gestión con una empresa recolectora local y con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) para la recepción del citado material y darle un destino final adecuado conforme a la legislación ambiental mexicana.

4. Conclusiones

De acuerdo con los resultados, se elaboraron recomendaciones con las medidas para prevenir y corregir deficiencias en la institución referente al correcto manejo y separación de los diferentes residuos sólidos urbanos generados en el campus universitario, de tal forma que se fomente la cultura y educación ambiental entre los estudiantes y trabajadores enfocados en la separación correcta de los RSU.

Agradecimientos

El autor agradece a los alumnos de la primera generación de la licenciatura en Ciencias Ambientales y Desarrollo Sustentable de la Universidad Loyola del Pacífico por su valioso apoyo en la realización de trabajo de campo.

Referencias Bibliográficas

- [1] Gervacio-Jiménez, H. Castillo-Eliás, B. y Sampedro Rosas, M. L. Diagnóstico ambiental en cuatro instituciones educativas del nivel medio superior de la Universidad Autónoma de Guerrero. *En: Memorias del VI Congreso Internacional y XII Congreso Nacional de Ciencias Ambientales CNCA*. Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, Méx., del 06 al 08 de Junio 2007. pp. 75-78.
- [2] Cortinas Duran, M.C. 2008. (Consulta 06 de marzo del 2013). http://www.cristinacortinas.net/index.php?option=com_content&task=view&id=89&Itemid=27
- [3] Gervacio-Jiménez, H. Propuesta de Ambientalización para cuatro instituciones educativas del nivel medio superior de la Universidad Autónoma de Guerrero. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Guerrero. Acapulco, Gro., 24 de noviembre de 2008. 230 p.
- [4] Cortés Badillo, E. Mata Carrillo, E. y Sampedro Rosas, M. L. Plan Ambiental del Instituto Tecnológico de Acapulco. *En: Memorias del X Congreso Internacional y XVI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales CNCA*. 2011. Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, Méx, del 17 al 19 de Agosto 2011. 40 p.
- [5] ISO-14001. Norma Internacional ISO 14001. ISO Copyright Office. Suiza. 2004.

Cuantificación de los residuos electrónicos en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, para la realización del plan de manejo integral

¹Evelia Santillán Ferreyra, ¹Liliana Márquez Benavides, ²María del Consuelo Hernández Berriel, ³María del Consuelo Mañón Salas

¹Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Posta Veterinaria Km. 1.5 Morelia-Zinápecuaro. CP. 58880, Morelia, Michoacán, México. evesanantillan@yahoo.com.mx

²Instituto Tecnológico de Toluca. Av. Tecnológico s/n. Col. ExRancho La Virgen, CP. 52140 Metepec, Edo. de México., México. ³Universidad Politécnica del Valle de Toluca, Carretera Almoloya de Juárez, Km. 5.2, Santiaguito Tlacilalcali, CP.50904, Almoloya de Juárez, Edo. de México

Resumen

Los residuos electrónicos (RE's) son el tipo de residuos sólidos con mayor incremento de generación mundial. En México los RE's son considerados de manejo especial, de acuerdo a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR). Se estima que solo se recicla el 2% de estos, mientras que el resto se encuentran almacenados junto con los residuos sólidos urbanos, donde al interactuar con el medio y condiciones ambientales (temperatura, humedad, presión, etc.) liberan algunos de sus compuestos tóxicos, con los consecuentes daños a la salud humana y ecosistemas. Para crear alternativas de solución es necesario elaborar diagnósticos que permitan concientizar del impacto ambiental que se genera. Conforme a lo anterior, en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) a través del Programa Ambiental Institucional (PAI) se generó un inventario de RE's en algunas dependencias universitarias, observando una alta generación de RE's que conforman los equipos de cómputo principalmente. Por otra parte, en conjunto con la empresa Recicla Electrónicos de México, S.A. (REMSA), se organizó el evento "Reciclón 2012", para el acopio de RE's, donde se les registró y clasificó, lográndose acopiar 11,790 kg de RE's, para ser reciclados. Este trabajo es importante para elaborar el plan de manejo de RE's de la Universidad, donde debe existir una participación compartida de autoridades y comunidad universitaria.

Palabras clave: *Contaminación ambiental, residuos electrónicos, reciclón.*

1. Introducción

Se consideran residuos de manejo especial a la gran parte de los residuos que se generan en los procesos industriales, de actividades comerciales y de servicios como subproductos no deseados o como productos fuera de especificación. Adicionalmente, se generan residuos derivados del consumo, operación y mantenimiento de las áreas que forman parte de las instalaciones industriales, comerciales, de servicios, oficinas, comedores, sanitarios y mantenimiento, los cuales, por sus características se consideran como residuos sólidos urbanos, pero que por sus volúmenes de generación superiores a 10 toneladas por año, se convierten en residuos de manejo especial [3][4].

Se ha reportado por el Instituto Nacional de Ecología (INE) que la generación de residuos electrónicos (RE) en México, tan sólo en el 2006 fue de alrededor de 300,000 toneladas, de las cuales, el 70% está almacenado, el 15% sufre de mala disposición, menos del 2% se recicla, y el resto es exportado ilegalmente. Adicionalmente, se estima que al terminar el 2012 serán cerca de 400,000 toneladas, con un crecimiento del 3 al 5% anual, incrementándose tres veces más en comparación con la generación de los desechos sólidos municipales, por lo que estos se consideran como residuos que requieren de un manejo especial [1]. La problemática de los RE's surge cuando sufren una mala disposición o son tirados en sitios no controlados, debido a que al exponerse a la lluvia y al sol, las sustancias tóxicas contenidas en ellos, como lo son los metales pesados forman lixiviados los cuales, se filtran en el subsuelo contaminando los mantos acuíferos. En altas temperaturas, pueden producir incendios no controlados, que provocan emisiones altamente tóxicas a la atmósfera, como lo son los bifenílicos polibromados (PBDE's). De cualquier modo, estas sustancias tóxicas mencionadas entrarán en contacto con la comunidad ya sea por el suelo, agua o aire ya que son bioacumulables y persistentes provocando serios problemas de salud. A través del reciclaje de los residuos electrónicos (RE's) se permite la protección del medio ambiente y la reducción considerable de fuentes de materias primas [5][6].

La Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) desde el 2007 tiene en marcha un plan ambiental institucional (PAI), con un diseño transversal multidisciplinario que toma en cuenta aspectos desde la difusión, generación, aplicación del conocimiento que fomente actitudes y acciones ambientalistas en los universitarios nicolaitas y de la sociedad en general, enfocado a lograr un desarrollo sustentable que reduzca y controle la contaminación ambiental [2]. Por lo que mediante la cuantificación de los RE's producidos en sus diversas dependencias se podrá elaborar un diagnóstico que posteriormente sirva como herramienta para diseñar un plan de manejo de RE's en la UMSNH. Paralelamente con el apoyo de la empresa Recicla Electrónicos de México (REMSA), primera en Latinoamérica que cuenta con la tecnología especializada en el reciclaje de RE's se realizó un evento para la captación de estos para su reciclaje.

2. Desarrollo

2.1. Metodología

En 8 dependencias de la UMSNH elegidas al azar y en patrimonio se generaron un total de 25 inventarios de RE's, 23 se realizaron en 4 facultades y en 4 oficinas administrativas, en sus diversas áreas de trabajo y 2 en patrimonio, considerando que en esta dependencia es donde se concentra la mayor cantidad de equipo que se da de baja, que no es funcional o es obsoleto. Los cuales se realizaron durante los años 2011 y 2012. Los RE's se clasificaron en tres grupos: 1) **Equipo de cómputo;** Computadoras (CPU's), monitores, teclados, mouses, impresoras, escáneres, bocinas, plotters, proyectores, tarjetas digitalizadoras, módems, sistema de alimentación ininterrumpida (SAIS) o UPS por sus siglas en inglés, 2) **Material eléctrico,** como son cables, 3) **Equipos de medición;** por ejemplo, osciloscopios y milímetros y 4) **Otros;** proyectores de acetatos, teléfonos, faxes, televisores, videocaseteras, radios, reproductores de DVD's, cafeteras, enfriadores de agua, fuentes de voltaje y reguladores. Los datos obtenidos fueron capturados en una base de datos para su análisis. Por otro lado, en el mes de noviembre del 2012 se organizó el primer reciclón para el acopio de RE's, como parte de las actividades de difusión y concientización dirigidas a la comunidad universitaria y a la sociedad en general.

3. Resultados y Discusión

Como se puede apreciar en la Tabla 1 se presentan los resultados de las 9 dependencias de la UMSNH donde se inventariaron los RE's. Cabe mencionar que el departamento de patrimonio, no es una dependencia que genere RE's, debido a que su función es la de vigilar los bienes muebles e inmuebles destinados a los servicios de la Universidad.

Tabla 1. Tipos de Residuos generados por dependencia en la Universidad Michoacana del 2011-2012.

Dependencias de la Universidad Michoacana									
Tipo de RE's	Patrimonio	Ingeniería Eléctrica	Coordinación del Bachillerato	Escuelas Incorporadas	Bolsa de Trabajo	Ingeniería Civil	Dirección de Servicios Generales	Ingeniería Química	Psicología
Equipo de Cómputo	2680	93	6		10	89	2	13	41
Material electric	1089								
Equipo de Medición	48	56						2	
Otros	215	4		1			1		25
Total	4032	153	6	1	10	89	3	15	66

En la Figura 1 se destaca a manera de porcentaje los datos obtenidos de los inventarios. Se tomó como referencia al departamento de patrimonio como el 100%, ya que allí es donde se debería de concentrar el total de los RE's generados en la Universidad, como parte de la labor de vigilancia del patrimonio universitario. Como se puede apreciar la Facultad de Ingeniería Eléctrica es la principal generadora de RE's, le sigue las facultades de Ingeniería Civil y Psicología. Estos resultados obtenidos nos muestran que la generación de RE's no es significativa en las áreas administrativas como lo son la coordinación del bachillerato, escuelas incorporadas, bolsa de trabajo y la dirección de servicios generales.

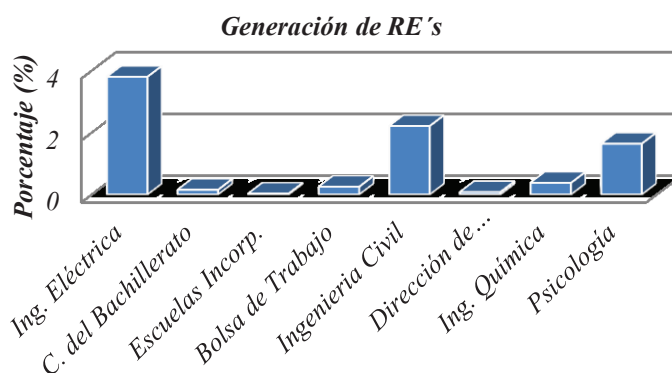


Figura 1. Porcentaje de Residuos Electrónicos (RE's) generados en las distintas dependencias de la Universidad Michoacana del 2011-2012.

Al llevar a cabo la clasificación de los RE's por cada dependencia, a modo de tener un panorama general sobre el tipo de residuos en la UMSNH, se puede observar en la Figura. 2, que los que integran al grupo equipo de cómputo son los que se generan mayoritariamente en todas las dependencias aquí inventariadas, seguidas por los clasificados como otros. Observando que la dependencia escuelas incorporadas solo genera residuos agrupados en otros, los cuales corresponden a teléfonos, faxes, cafeteras, enfriadores de agua, etc., debido a que es una dependencia de vinculación y administración de los procesos de incorporación de otras instituciones educativas al plan de estudios de la UMSNH, por lo que no requieren de un elevado consumo de equipo de cómputo. En el caso de la coordinación del bachillerato, se puede observar que sus residuos generados son puramente equipo de cómputo, debido a que sus funciones son las de promover su uso como herramienta didáctica.

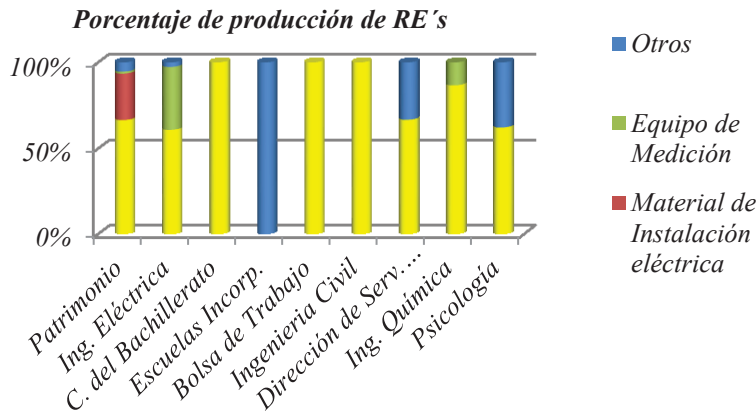


Figura 2. Panorama general del Porcentaje de RE's en las dependencias de la Universidad Michoacana del 2011-2012.

Como en el grafico anterior se mostró que de los RE's mayoritariamente generados por la UMSNH pertenecen al grupo de equipo de cómputo, nos dimos a la tarea de analizar que componentes de estos se presentan en mayor porcentaje. En la Figura 3 se muestra que los teclados son los componentes que sufren un mayor desgaste, por lo que son reemplazados constantemente, y desechados en un 44%.

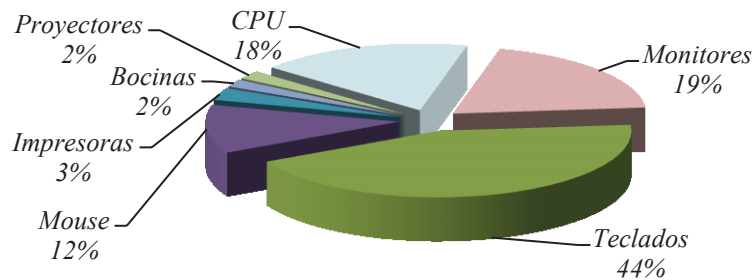


Figura 3. Componentes de Equipo de Cómputo generados en la Universidad Michoacana del 2011-2012.

Por otro lado, en los datos arrojados por los inventarios realizados, pudimos observar que en los RE's agrupados en material de instalación eléctrica, los cables eléctricos son los componentes que ocupan el 75%, como se observa en la figura 4, destacando que en su mayoría estos son provenientes de los equipos de cómputo.

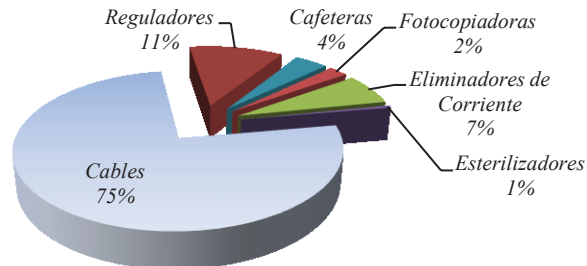


Figura 4. Componentes de los RE's agrupados en material de instalación eléctrica generados en la Universidad Michoacana del 2011-2012.

Finalmente, durante las actividades de difusión y fomento de cultura ambiental que se realizaron durante 2 días, se acopio en el primer reciclón 2012 un total de 11,790 kg de RE's con la participación de la sociedad en general y la comunidad universitaria, los cuales fueron transportados a la ciudad de Querétaro por la empresa REMSA para su reciclaje integral.

4. Conclusiones

La cuantificación y clasificación de los RE's permite tener un panorama amplio sobre la generación de estos, dichas actividades no solo se deben realizar en las instituciones educativas, tales como la UMSNH, sino en todos los sectores involucrados en actividades que generen este tipo de residuos. Debido a que es importante tener diagnósticos que fomenten la participación extendida y compartida entre sociedad, gobierno y empresarios, a ser responsables de la calidad de los productos eléctricos y/o electrónicos que consumimos o que se nos ofertan por las empresas productoras, para que este modo seamos conscientes del impacto ambiental que generamos.

En este estudio, se observó que los equipos y materiales requeridos en la UMSNH y adquiridos con recursos propios de dicha institución, una vez que terminan su vida útil, o que se renuevan, deben darse de baja y ser llevados al centro de acopio ubicado en el departamento de patrimonio, para que dicha dependencia haga el seguimiento y control de su disposición final. Sin embargo, de acuerdo a los inventarios realizados, las diversas dependencias analizadas omiten este proceso. Adicionalmente, la generación de RE's por parte de las distintas dependencias universitarias coincide con sus contenidos curriculares, como lo es la facultad de ingeniería eléctrica, la cual es la mayor generadora. Por otro lado, en el ámbito profesional existe una gran demanda de equipo de cómputo como herramienta de primera necesidad, pero además el avance tecnológico en la producción de equipos novedosos genera una alta tasa de consumo, lo cual aumenta la generación de residuos y de sus distintos componentes. Es importante que el sector académico pueda generar una mayor cantidad de información (investigación) sobre el tema y la industria pueda tener acceso a mejores técnicas de manejo de estos residuos.

Agradecimientos

Se agradece la colaboración a los Ing. Ulises Sainz Trujillo, Gabriela Barrera Díaz y a la M.C.B. Ma. Antonia Herrera Vargas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, así mismo, el financiamiento de la Coordinación de la Investigación (CIC), para el desarrollo de este trabajo mediante el programa de Investigación 2012- 2013.

Referencias Bibliográficas

[1] Instituto Nacional de Ecología SEMARNAT. (2009). *Diagnóstico de la generación de residuos electrónicos en México. Inventario Nacional, Foro Internacional sobre generación y manejo*, 18 de junio, México. 1-6 pp.

[2] Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. *Plan Ambiental Institucional de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*. 1ra. Edición. Junio 2007. Morelia, Mich. México.108 pp.

[3] SEMARNAT (2011). *NORMA Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011, Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo*. (Primera edición), Publicado en el Diario Oficial de la Federación. México, pp. 1-11

[4] SEDESOL. *Manejo y reciclaje de los residuos de envases y embalajes*. (1993). Serie Monografías No. 4. México. 1-14 pp.

[5] LGPGIR. *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (2003)*. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 08 de octubre.

[6] Cruz S. S., Lozano O. G., Ojeda B. S., (2009). *Cuantificación de los residuos sólidos domésticos eléctricos y electrónicos en una ciudad mexicana*. En Escudero A., Molinares N., Sisa Camargo e Isacs M. A. La gestión Sostenible de los residuos. Colombia ISBN 978.958.741-006-8.

Residuos de vidrio en la producción artesanal de esferas

Guadalupe Romero-Ortiz, Adrián Morales-González, David Sánchez-Galeote, Rosa María Espinosa-Valdemar* y Alethia Vázquez-Morillas

Universidad Autónoma Metropolitana. Av. San Pablo 180 Col. Reynosa Tamaulipas, Azcapotzalco, D.F. México. C.P. 02200, 01 55 53189057, mvp@correo.azc.uam.mx

Resumen

El municipio de Chignahuapan, ubicado al norte del Estado de Puebla, es el centro de producción artesanal de esferas de vidrio soplado más importante del país. En 2010 tuvo lugar un acercamiento entre artesanos de la localidad, y la UAM-Azcapotzalco, a través del Programa Multidisciplinario Diseño y Artesanías (ProMDyA) con el fin de evaluar la viabilidad del reuso o reciclaje de los residuos de vidrio del proceso productivo. Ante la imposibilidad de medir la generación total de residuos se optó por calcular la cantidad de residuos de vidrio generados para la fabricación de una esfera, con lo que se obtuvo un indicador en términos porcentuales de 4% de residuo de vidrio limpio y hasta 15% de vidrio contaminado por cada unidad de producción. Este valor puede ser empleado para realizar estimaciones en cada taller, temporada, o incluso para todo el municipio. Finalmente, a partir de datos de producción de esferas en la localidad, se hizo una estimación de la generación total de residuos de vidrio, y se analizaron las alternativas de aprovechamiento. Debido al tipo de vidrio utilizado y a la limitación en la cantidad generada, si se desea reciclarlo deberá organizarse un proceso local, para lo que tendrían que contribuir las autoridades y las organizaciones de artesanos.

Palabras Clave: *soplado de vidrio, generación, indicadores, reciclaje*

1. Introducción

El municipio de Chignahuapan, se encuentra en la Sierra Norte del Estado de Puebla. Una de sus principales actividades económicas es la producción artesanal de esferas de vidrio soplado, y de hecho se le considera el centro productivo de esferas más importante del país. Una parte significativa de esta tarea tiene lugar en pequeños talleres familiares, que producen en forma irregular a lo largo del año. El número de trabajadores que labora en estos sitios es variable, con un promedio de 6 personas [1]. Las esferas se forman mediante soplado, posteriormente se aplica la capa de material base que les da el característico brillo, a través del plateado o el metalizado. Posteriormente las esferas se pintan, encasquillan y empaacan para su venta. En 2010 tuvo lugar un acercamiento entre artesanos de la localidad, y la UAM-Azcapotzalco, a través del Programa Multidisciplinario Diseño y Artesanías (ProMDyA) con el fin de evaluar la viabilidad del reuso o reciclaje de los residuos de vidrio del proceso productivo.

En México se distinguen diferentes tipos de residuos [2]. Una de las categorías relevantes es la de los residuos sólidos urbanos, compuestos por los materiales desechados en las viviendas, actividades de poda y limpieza de la vía pública, escuelas, oficinas y comercios pequeños. Además, se generan residuos peligrosos y de manejo especial. No existe una categoría específica para los residuos generados en los talleres artesanales; dado que su volumen de producción es bajo, con mucha frecuencia se mezclan con los residuos sólidos urbanos, son colectados por los servicios municipales y tienen el mismo destino final que el resto de los desechos, terminando su vida en rellenos sanitarios o tiraderos. Tal es el caso de los residuos de vidrio generados en la producción de esferas.

Uno de los pasos fundamentales para la valorización de un residuo es el conocimiento sobre su tasa y condiciones de generación. Existen tres métodos básicos para cuantificar la generación de residuos [3]: a) En la fuente, midiendo directamente la masa de residuos en el sitio en que se producen; b) En el sitio de disposición final, cuantificando la masa de residuos que llegan al lugar en un periodo determinado; y c) A partir del análisis de los procesos en que surgen, midiendo su generación y relacionando la cantidad de residuos producida con datos que permitan caracterizar el proceso, como el número de unidades producidas, el número de empleados o el área del establecimiento. En este estudio la cuantificación de residuos de vidrio se desarrolló a partir del análisis del proceso. Debido a la gran cantidad de talleres y al hecho de que laboran en distintas temporadas a lo largo del año, se consideró más útil generar un indicador basado en la producción de una esfera, de forma que a partir de ese dato se pudiera calcular la producción de residuos para un taller, varios o incluso todo el municipio, a partir del número de esferas fabricadas.

2. Desarrollo

El estudio se llevó a cabo en las siguientes etapas: a) Descripción del proceso: caracterización de los pasos que se siguen en la fabricación, las diferentes variantes en el proceso productivo, identificación de insumos empleados y residuos generados en cada etapa; b) Cuantificación de los residuos de vidrio generados en la producción de una esfera; y c) Análisis de alternativas para el aprovechamiento de los residuos de vidrio. Las dos primeras tareas se desarrollaron durante el mes de agosto de 2011, a partir de la estancia de estudiantes en el municipio y la colaboración de los dueños y operarios de los talleres. El proceso se observó, se registraron las características y duración de cada etapa y se cuantificaron los materiales y residuos relacionados con cada una. Posteriormente, ya en la UAM-Azcapotzalco, se sistematizó la información, se obtuvo el indicador buscado y se analizaron las opciones de aprovechamiento. Existen esferas de diferentes tamaños y formas, además de otros artículos derivados, como aretes, arreglos de mesa y recuerdos para fiestas; en este estudio se tomó como base la esfera de 3 ½ por ser la que se emplea generalmente en la decoración de árboles navideños.

3. Resultados

3.1. Identificación de etapas en el proceso

La observación del proceso permitió establecer las etapas del mismo, que se ilustran en la Figura 1. El proceso varía en función del modelo que se desea fabricar: en ocasiones, por ejemplo, se omite el plateado o metalizado, pasando directamente del globo a la decoración. En el diagrama de la figura 1 se identifican con color naranja las etapas en que se generan residuos de vidrio, sin considerar los que se producen debido a roturas durante la manipulación de las esferas.

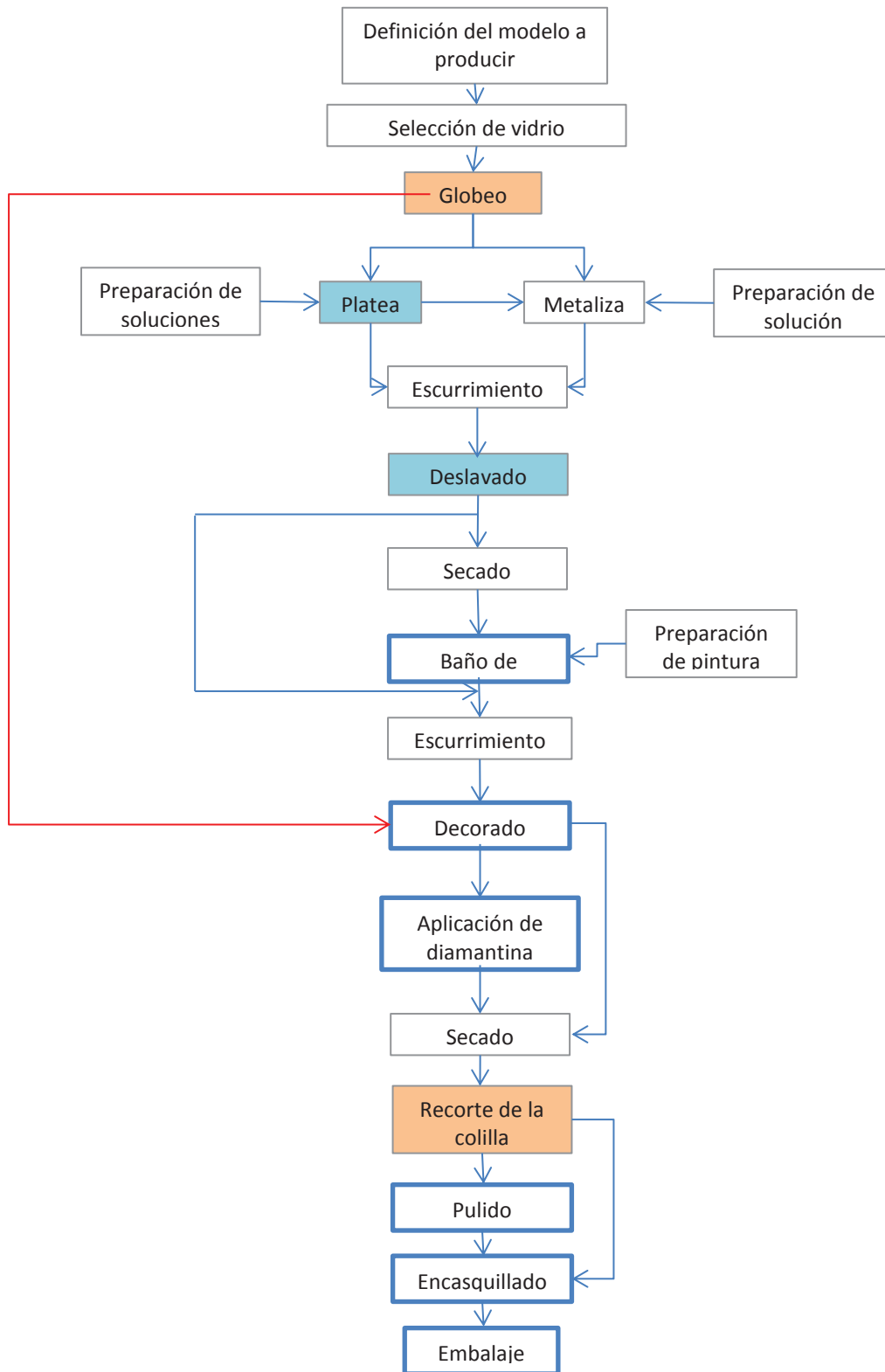


Figura 1. Diagrama de flujo de las diferentes etapas que componen el proceso de producción de esferas

3.2. Cuantificación de residuos de vidrio

En el análisis del proceso se identificaron dos etapas principales de generación de residuos de vidrio: el globeo y el recorte. Además, se producen residuos debido al rompimiento de esferas durante su manipulación.

En el globeo se hace pasar el tubo de vidrio por sopletes de diferente diámetro, los cuales emiten una flama que hacen que el vidrio se caliente hasta llegar a una etapa de pre-fundición. Para ello se emplea sólo la longitud de tubo necesaria para lograr el tamaño deseado de la esfera, haciendo un recorte en la misma al hacerla rotar, con un movimiento que cierra la parte inferior del tubo. Finalmente se sopla por la boquilla, hasta obtener el tamaño deseado de la esfera. Para generar geometrías más complejas es posible realizar el soplado directamente en moldes de madera. En el globeo de esferas de 3 ½ se emplea tubo de vidrio calibre 20, de 3.48 kg de peso. A partir de la medición del tiempo empleado en el proceso, se determinó que el globeo de cada esfera toma 1:28 minutos en promedio. Se producen 23 esferas del 3 ½ a partir de un tubo de vidrio, cada una de 145 g, mientras que el residuo tiene un peso equivalente al de una esfera, es decir, el 4.1% del material. En una jornada de ocho horas, en función de la destreza del artesano, se pueden producir entre 250 y 500 esferas de este tipo.

Una vez que el decorado de la esfera secó, se procede a recortar la colilla con una piedra de esmeril, la cual se coloca en la parte superior de la esfera (lado de la boquilla) y se pasa alrededor de ésta, presionando con un poco de fuerza para retirar el excedente de tubo que se utiliza como boquilla para el soplado durante el globeo. La duración promedio del recorte es de 2.2 segundos por esfera, aunque en ocasiones es necesario repetir la operación. La determinación de la proporción de residuos se realizó para un lote de 50 esferas, obteniendo un promedio de 26.09 gramos. Es importante hacer notar que este vidrio presenta características diferentes al residuo generado en la etapa de globeo, pues es más delgado y puede contener residuos de pintura. La figura 2 muestra la generación de residuos en las distintas etapas, para un tubo de vidrio calibre 20. Se observa que la mayor proporción, 435 gramos, corresponden al promedio de esferas que se rompen durante el proceso de fabricación. En total se producen 592 g de residuos, es decir, para cada tubo de vidrio el 83% se transforma en esferas y el 17% en residuos.

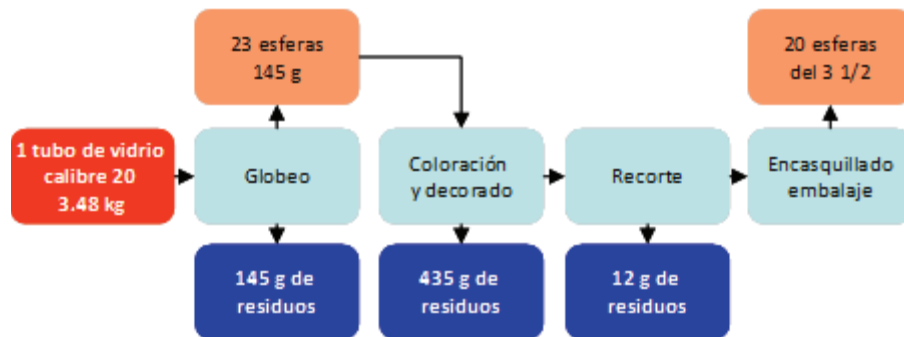


Figura 2. Generación de residuos de vidrio durante el proceso

4. Conclusiones

Si bien los residuos de vidrio son inertes y se consideran no tóxicos, podrían liberar los restos de pintura que se encuentran adheridos a su superficie, contribuyendo a la contaminación atmosférica, del suelo y el agua subterránea. Adicionalmente, estos residuos contribuyen a la saturación de los sitios de disposición final, representando un riesgo para los operarios que colaboran en la gestión de residuos en el municipio.

Aunque en el país existe una industria de reciclaje de vidrio floreciente, esta está enfocada en los envases de bebidas. El vidrio con que se fabrican las esferas tiene una mayor resistencia a la temperatura que el vidrio de las botellas, y por tanto no puede incluirse en el proceso de reciclaje de las mismas. Durante este estudio no se logró ubicar alguna planta especializada en el reciclaje del vidrio de alta temperatura, por lo que, en caso de que se optara por un proceso de reciclaje, la infraestructura para el mismo tendría que generarse en la región. De hecho, el reciclaje sería viable económicamente sólo si se genera un centro de acopio y una planta en la zona, pues de otra forma los gastos relacionados con el flete volverían incosteable el proceso. Se requeriría, por tanto, del apoyo de las autoridades y de acuerdos entre los productores, de forma que se garantizara que los residuos de vidrio generados llegaran al proceso de reciclaje. Si se opta por esta opción se necesitaría realizar una propuesta técnica detallada, así como un análisis costo-beneficio de la misma. Si las condiciones son adecuadas, podría llegarse a un punto en que se suministrara localmente parte del insumo requerido para la producción de esferas, o incluso algún otro producto que requiera vidrio de alta temperatura.

Una segunda opción es reciclar el vidrio como material de construcción, ya sea como sustituto de arena en funciones de relleno, o en la fabricación de cerámicos y cementos. Esta opción es viable, sin embargo, dada la alta disponibilidad de arena natural en el país, es difícil que este residuo compita en términos económico. Por lo tanto, es posible que el mejor destino para los residuos de vidrio sea su reaprovechamiento dentro de los mismos talleres, empleándolo como insumo en la producción de otras artesanías.

Agradecimientos

Los participantes en este estudio desean reconocer y agradecer el apoyo recibido para la realización de este estudio a los artesanos del municipio de Chignahuapan, especialmente a la Sra. Reyna González, Sr. Javier Arroyo Jiménez, Sra. María Conde, Sr. José Pastrana, Sra. Leonor Díaz, Sra. Bertha Galeote y a la Cooperativa “Innovaciones Navideñas, S.C. de R.L. de C.V.”. De igual manera, a los alumnos de la División de Ciencias Sociales y Humanidades Alejandro Santerbás, Fabiola Aboites y Hugo Antonio Contreras

Referencias Bibliográficas

- [1] Prado, V. G., “Chignahuapan, Puebla de fiesta con la XV Feria Nacional del árbol y la esfera. 2011. Recuperado el 19 de abril de 2012 de Travel & News: <http://www.travel-news.com.mx/noticias/fiestas-y-ferias/263-chignahuapan-puebla-de-fiesta-con-la-xv-feria-nacional-del-arbol-y-la-esfera>
- [2] Ley General para la gestión integral y prevención de residuos [2003]
- [3] Environmental Protection Agency. 2006. “MSW Characterization methodology”. Recuperado el 1 de junio de 2013 de <http://www.epa.gov/osw/nonhaz/municipal/pubs/06numbers.pdf>

Evaluación física y química de lixiviados de residuos de manejo especial, de la empresa REDESO en Tepic, Nayarit

¹Diana Ibarra Rodríguez, ²I. Paz Hernández Rosales, ³Mercedes Teresita Oropeza Guzmán, ⁴Claudia E. Saldaña Durán

¹ Universidad Autónoma de Nayarit, Posgrado en Ciencias Biológico-Agropecuarias. Unidad Académica de Agricultura. Carretera Tepic-Compostela Km. 9, Apdo. Postal 49, C.P. 63780, Xalisco, Nayarit, México. Teléfono: 3117400345. Correo: hera_dir@hotmail.com. ²Universidad Autónoma de Nayarit, ³Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, Tijuana. ⁴ Universidad Autónoma de Nayarit

Resumen

En México la SEMARNAT, clasifica los Residuos Sólidos en tres tipos: Residuos Sólidos Urbanos, Residuos Peligrosos y Residuos de Manejo Especial (RME). En los últimos años la falta de tratamiento a los residuos sólidos ha ocasionado contaminación, debido a la falta de rellenos sanitarios o vertederos controlados. Esto como consecuencia de la descomposición, ya que se generan gases que contaminan el aire, o líquidos que ocasionan grandes concentraciones de metales que son arrastrados hacia el suelo y agua. Estos líquidos son denominados lixiviados. En Tepic, Nayarit, la Recolectora de Desechos Sólidos Urbanos “REDESO” es la encargada de la recogida de los RME, estos residuos generan lixiviados, a los cuales no se les administra ningún tratamiento, por lo cual son un potencial importante, en cuanto a contaminación se refiere. En el presente trabajo, estos lixiviados fueron evaluados a partir de la caracterización físico-química, los parámetros fueron pH, DQO, turbidez, densidad, color, potencial zeta, conductividad, COT, tamaño de partícula y sólidos suspendidos.

Palabras Clave: *Carga orgánica, lixiviado, vertedero.*

1. Introducción

En los últimos años, con el crecimiento de la población y el consumismo, se ha incrementado la generación de basura o residuos sólidos. Estos residuos sólidos o “basura” tienen un alto potencial en cuanto a contaminación se refiere, si no se les aplica un tratamiento adecuado. Estos residuos, de acuerdo a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos se clasifican en: Residuos Sólidos Urbanos (RSU), Residuos de manejo especial (RME) y Residuos Peligrosos [1]. Los RME, son los generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos ni como RSU, o que son producidos por grandes generadores (producen más de 10 toneladas al año) de RSU; algunos ejemplos se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de los Residuos de Manejo Especial

RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL	
Las rocas o los productos de su descomposición.	Sólo puedan utilizarse para la fabricación de materiales de construcción o se destinen para este fin, así como los productos derivados de la descomposición de las rocas
Los servicios de salud	Generados por los establecimientos que realicen actividades médico-asistenciales a las poblaciones humanas o animales, centros de investigación, con excepción de los biológico-infecciosos
Las actividades pesqueras, agrícolas, silvícolas, forestales, avícolas, ganaderas	Incluyendo los residuos de los insumos utilizados en esas actividades
Los servicios de transporte	Los generados a consecuencia de las actividades que se realizan en puertos, aeropuertos, terminales ferroviarias y portuarias y en las aduanas
Tratamiento de aguas residuales	Lodos
Los residuos de tiendas departamentales o centros comerciales	Generados en grandes volúmenes
Residuos generados por la construcción	Mantenimiento y demolición en general.
Los residuos tecnológicos 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.

DOF. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. México. 2003 (8 de octubre) [2].

En México debido a la reciente regulación de los RME, no se cuenta con datos acerca de los volúmenes de generación para ciertas clases de ellos. Se estimó para cuatro de los ocho tipos de servicio, los cuales la mayor parte corresponde a los de la construcción y demolición provenientes de obras de viviendas, comercios e industrias con un 77 %, el 18 % corresponde a los lodos provenientes de tratamiento de aguas residuales municipales, 3% generado por servicios de transporte y 2 % lo generan las unidades médicas, por lo tanto se tiene una aproximación de 16800 toneladas/día de RME. En Nayarit no se tiene estimada la cantidad de RME que se generan diariamente. En la ciudad de Tepic en un estudio de caracterización física, realizado por el Cuerpo Académico de Sustentabilidad Energética (CASE) de la Universidad Autónoma de Nayarit, se estimó que diariamente se generan 414.5 toneladas/diarias, pero de RSU, de las cuales, se determinó que la materia orgánica es el residuo de mayor generación con 37.56% [3]-[4]. Así mismo se identificó a la empresa, Recolectora de Desechos Sólidos Urbanos “REDESO”, como la encargada de recolectar RME en la ciudad de Tepic, procedentes de centros comerciales. Cabe mencionar que es la única en su ramo, pero aún no se tiene estimada la cantidad generada (investigación de campo en curso), sería lógico suponer que la materia orgánica será un componente importante en los RME.

Uno de los problemas que se ocasionan por el mal manejo de este tipo de residuo es la producción de lixiviados, los cuales, se generan como consecuencia de la humedad de la basura. Estos lixiviados pueden infiltrarse y percolarse a través del suelo y alcanzar ríos y mantos freáticos [5]. Durante la filtración arrastran materiales dispersos, lo que origina una alta carga orgánica. Por eso

se catalogan como uno de los principales contaminantes de suelos, las aguas superficiales y subterráneas cercanas al depósito de residuos sólidos.

El objetivo del presente trabajo fue determinar los factores físicos y químicos de los lixiviados de los residuos de manejo especial de la empresa REDESO, Tepic Nayarit.

2. Materiales y métodos

Las características de los lixiviados de vertedero por lo general son representados por parámetros como Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), pH, sólidos suspendidos (SS), nitrógeno amoniacal (NH_3-N), nitrógeno Kjendahl (TKN) y metales pesados [6]. En esta investigación los trabajos analizados incluyen pH, DQO, pH, SS, Carbono Orgánico Total (COT), densidad, Potencial Zeta (pZ), tamaño de partícula, turbidez, color aparente y conductividad.

2.1. Recolección y almacenamiento de la muestra

Los lixiviados se recolectaron en recipientes de polietileno de alta densidad de 1litro [7], previamente desinfectados. Se tomaron dos muestras, una de lixiviado nuevo (L_N) y la segunda de lixiviado viejo (L_V). El L_N fue tomado del reservorio del camión recolector; el L_V se tomó de recipientes almacenados por la misma empresa.

2.2. Tamaño de partícula y pZ

Estos parámetros se determinaron con el equipo Zetasizer Nano-ZS de Malvern. Las pruebas se realizaron a L_N y L_V , introduciendo 12 μ L de cada muestra en las celdas de cuarzo especificadas por el equipo. En cuanto al pZ se utilizó una celda capilar plegada, patentada de potencial zeta; está compuesta por dos electrodos de oro. En dicha celda se introdujeron 150 μ L de cada lixiviado.

2.3. Turbidez, Sólidos Suspendidos y color aparente

La turbidez se determinó a partir del Colorímetro HACH DR/890, por el método absorptimétrico. Los sólidos suspendidos por medio del método fotométrico. El color aparente se determinó por medio del método estándar platino-cobalto (0-500 unidades) [8]-[9]-[10].

2.4. Carbono Orgánico Total (COT)

La determinación de COT se realizó por el método directo de acuerdo con el PROCEDURES MANUAL (2013), para rango alto (20-700 mg/L). Para lo cual la muestra se introdujo en un reactor DBR 200, a una temperatura entre los 103-105°C [11].

2.4.1 Preparación de la muestra

a) En un matraz erlemeyer de 50 ml que previamente se adicionó una barra de agitación, se depositaron 10 ml de la muestra; posteriormente se le agregaron 4 ml de una solución buffer (pH 2) con una micro-pipeta, mezclando por 10 minutos. Para la preparación de la muestra blanco, se siguió la misma metodología, sustituyendo la muestra por agua desionizada.

b) Se reservaron dos viales que indicaban **High Range Acid Digestion** (se etiquetaron cada uno de los viales, para la muestra y para el blanco), posteriormente se adicionó una almohadilla marcada con persulfato polvo; se agregaron 0.3 ml de lixiviado (L_N y L_V) y 0.3 ml de agua (preparada en el inciso a) con ayuda de una micro-pipeta. Al término de la preparación se mezclaron.

c) Posteriormente se enjuagaron dos ampullos azules con agua desionizada y se secó perfectamente. Se introdujeron a los viales y se rompió la punta. Los viales se cerraron para evitar derrames.

Estas muestras se llevaron al digestor durante 2 horas y se removieron. Después de que la temperatura de los viales bajó, en el Colorímetro DR/890 se seleccionó el programa 115, se colocó el blanco (se seleccionó el icono ZERO), se introdujo la muestra y se seleccionó leer.

2.5. Densidad

La densidad se determinó para L_N y L_V , por medio de un matraz de aforación de 10 ml. El matraz se lavó con HCL (1:10), posteriormente se enjuagó con agua desionizada durante tres veces. El matraz pesó en una balanza analítica serie PW de precisión ± 0.0001 g y se registró el dato. Se vertieron las muestras de lixiviado y se registró nuevamente el peso, por lo tanto la densidad se determinó por medio de la ecuación 1 y 2.

$$W_{mcm} - W_{msm} = W_m \quad (1)$$

Donde:

W_{mcm} = Peso de matraz con muestra

W_{msm} = Peso de matraz sin muestra

W_m = Peso de la muestra

$$\rho = \frac{(W_m)}{V} \quad (2)$$

2.6. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La Demanda Química de Oxígeno, se determinó para ambas muestras de lixiviado por medio del método digestión de reactor. El reactor usado fue el DBR 200 a una temperatura entre los 148°C-150°C. El primer paso para este parámetro fue marcar dos viales para la muestra (L_N y L_V) y un blanco (el blanco fue agua desionizada); estos viales ya contenían una mezcla de Sulfato de plata, ácido sulfúrico, agua desmineralizada, ácido crómico y sulfato de mercurio. Posteriormente se vertieron la muestra y el blanco, a cada uno de los tubos marcados e introducirlos al digestor. Pasado el tiempo de 2 horas, se retiró del digestor y se dejó enfriar, hasta su lectura en el colorímetro DR/890.

NOTA: el L_N se diluyó debido a las altas concentraciones que presentaba en cuanto a DQO y COT presentaba, al final se calculó la concentración final de ambos parámetros. Las diluciones son las siguientes:

Solución 1: 10 ml de L_N en 100 ml de agua desionizada.

Solución 2: 10 ml de la solución 1 en 100 ml de agua desionizada.

Solución 3: 5 ml de la solución 2 en 5 ml de agua desionizada

2.7. Conductividad electrolítica

Este parámetro se determinó utilizando un electrodo que mide conductividad y el equipo de medición es el HACH. Para la medición se introdujo el electrodo en la muestra líquida (para L_N y L_V) y se seleccionó en el equipo HACH el modo "conductividad", posteriormente se presionó medir y automáticamente el equipo arrojó el resultado de conductividad.

3. Resultados y discusión

En la Tabla 2 se muestran los parámetros determinados de la caracterización físico-química de los lixiviados de RME.

Tabla 2, Características físico-químicas de los RME

PARÁMETRO	LIXIVIADO (L _V) (REDESO, almacenamiento de >5 años)	LIXIVIADO (L _N muestra tomada el 18 de Junio de 2013 en REDESO, almacenamiento de 2 días)		LIXIVIADOS Valores reportados
pH	3.79	7.81		5.08 a 8.05
Demanda Química de Oxígeno (DQO) (mg/L)	581.5	6407.5		100 - 54,651 - 70,900
Turbidez (NTU)	174.5	7200		1749±5
Tamaño de partícula (nm)	560±76	1253±320	191.1±30.8	----
Conductividad electrolítica (ms/cm)	4.78	16.26		25
Carbono Orgánico Total (COT) (mg/L)	98	3163.3		182 a 9870
Densidad (g/mL)	1.0102	1.02255		----
Potencial Zeta (pZ) (mV)	-24.5	-18.2		----
Sólidos suspendidos (mg/L)	195	4,850		13-5000
Color aparente	1360	15625		----

Se han encontrado valores muy elevados de DQO lixiviados, el valor más elevado reportado fue de 70900 mg/L, con una muestra de lixiviado que se obtuvo de la zona de Salónica Mayor (Grecia) y el menor de 100 mg/L con la muestra de más de 10 años del vertedero cerca de Marsella (Francia), en otro estudio realizado en 2007 por Lou Z. & Zhao Y. en el vertedero Laogang de Shangahi encontraron que el DQO de lixiviados era de 54,651 mg/L [15], en el caso de las concentraciones de DQO encontradas en los lixiviados de REDESO, están en el rango de 100 mg/L–70900mg/L. La concentración del lixiviado 2, es mucho menor que la concentración más alta reportada, pero no por ello deja de tener una gran cantidad de sustancias susceptibles a ser oxidadas por medios químicos, ya que el DQO, resulta elevado [12]-[13].

El pH de los lixiviados se encuentra en el rango de 5.08 a 8.05, según Renou *et. al.* (2008) esto es debido a la actividad biológica dentro de estos [6]. Comparados con los resultados que se obtuvieron en el presente trabajo, el lixiviado 1 resultó con menor pH, debido a que la edad de estos es de más de 5 años y por lo tanto la actividad biológica disminuyó.

En cuanto a sólidos suspendidos se refiere, M. Irene & Lo C (1996) reportaron que los lixiviados tomados de residuos domésticos en Hong Kong presentaban más 5000 mg/L y en Francia reportaron 13 mg/L [14]-[13]. Por lo tanto en el caso de REDESO, ambos lixiviados se encuentran dentro del rango reportado por los autores de 13 mg/L- >5000 mg/L. También M. Irene & Lo C (1996), reportaron el los lixiviados de Hong Kong presentaban una conductividad electrolítica de 25 ms/cm, que en comparación a la encontrada en este estudio, exclusivamente para el lixiviado 2, es un poco mayor.

En el caso del COT, Lou Z. *et. al.* (2009). Estudiaron los lixiviados del vertedero Laogang de Shangahi, y reportaron que para lixiviados nuevos la concentración de COT era de 9870 mg/L y para lixiviado viejo la concentración era de 182 mg/L, por lo tanto los resultados en este trabajo están por debajo de los reportados por los autores, pero mucho mayor a lo establecido en cuanto a la normatividad se refiere. El mismo autor reportó que el lixiviado presentaba una turbidez de 1749 ± 5 NTU, lo que en comparación con los dos tipos de lixiviados de REDESO, el lixiviado 1 presenta una turbidez baja y el lixiviado 2 presenta un índice mucho mayor, por lo tanto también de color (15625 , en comparación con lo reportado por el autor, 1000 ± 58) [16].

La densidad resultó mayor a la del agua, debido a la gran cantidad de materia orgánica que presentaba estos lixiviados. En cuanto a potencial zeta y tamaño de partícula no se ha reportado resultados, solo para el agua. Sin embargo, de acuerdo con los valores reportados para potencial zeta, el lixiviado tendría una ligera estabilidad (-21 a 30 mV) en cuanto a aglomeración de sólidos suspendidos se refiere, esto para el lixiviado nuevo; el lixiviado viejo presentaría un estado conocido como comienzo de la aglomeración (-11 a -20 mV) [17].

4. Conclusiones

La caracterización realizada a los lixiviados, nos proporcionó las bases importantes para la toma de decisiones en cuanto a tratamiento. Se comprobó que los lixiviados representan un gran riesgo de contaminación, sino son tratados como es debido. En general los lixiviados de la empresa REDESO, ubicada en la ciudad de Tepic, México, presentaron características similares a las encontradas en diversos vertederos alrededor del mundo.

Referencias Bibliográficas

- [1] SEMARNAT. (2008). *Informe de la situación del medio ambiente en México*. México : Sistema Nacional de Información Ambiental y Recursos Naturales.
- [2] DOF. (2003). *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos*. México
- [3] SEMARNAT-INE. (2006). *Diagnostico Básico para la Prevención y Gestión Integral de Residuos*. México.
- [4] Saldaña Durán , C. E., Hernández Rosales I. P., Messina, S. (2012). Caracterización de los RSU que se depositan en el vertedero Iztete de Tepic-Nayarit. *Revista Internacional de contaminación ambiental*, 28, 1-9.
- [5] Borzacconi L., López I. y Anido C. (1996a). Metodología para la estimación de la producción y concentración de lixiviado de un relleno sanitario. XXV Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. México D.F. 31 de octubre a 3 de noviembre, 1996. Tomo III.
- [6] Renou, S., Givaudan, J. G., Poulain, S., Dirassouyan, F., & Moulin, P. (2008). Landfill leachate treatment: Review and opportunity. *Journal Hazardous Materials* , 150(3), 468-493.

- [7] Isidori, M., Lavorgna, M., Nardelli, A., & Parrella, A. (2003). Toxicity identification evaluation of leachates from municipal solid waste landfills: a multispecies approach. *Chemosphere*, 52(1), 85-94.
- [8] HACH, C. (2002). Manual de análisis de aguas. Loveland, Colorado, EE.UU.: HACH.
- [9] HACH, C. (2013). DR/890 Colorimeter Procedures Manual. En HACH, *Method 8237, Absorptometric method* (págs. 595-598). Loveland, Colorado, EE.UU.
- [10] HACH, C. (2013). DR/890 Colorimeter Procedures Manual. En HACH, *Method 8006, Photometric method* (págs. 587-594). Loveland, Colorado.
- [11] HACH, C. (2013). DR/890 Colorimeter Procedures Manual. En HACH, *Method 10128, Direct Method. Organic carbon, total, Hing Range (20-700 mg/L)*. (págs. 419-425). Loveland, Colorado, EE.UU.
- [12] Tabet, K., Moulin, P., Vilomet, J. D., & Amberto, A. (2002). Purification of landfill leachate with membrane processes: preliminary studies for an industrial plant. *Separation Science and Technology*, 37(5), 1041-1063.
- [13] Tatsi, A. A., Zouboulis, A. I., Matis, K. A., & Samaras, P. (2003). Coagulation-flocculation pretreatment of sanitary landfill leachates. *Chemosphere*, 53(7), 737-744.
- [14] M., I., & Lo, C. (1996). Characteristics and treatment of leachates from domestic landfills. *Environmental International*, 22(4), 433-442.
- [15] Lou, Z., & Zhao, Y. (2007). Size-fractionation and characterization of refuse landfill leachate by sequential filtration using membranes with varied porosity. *Journal of Hazardous Materials*, 147(1-2), 257-264.
- [16] Lou, Z., Dong, B., Chai, X., Zhao, Y., & Zhu, N. (2009). Characterization of refuse landfill leachates of three different stages in landfill stabilization process. *Journal of Environmental Sciences*, 21(9), 1309-1314.
- [17] Aguilar, M. I., Sáez, J., Lloréns, M., Soler, A., & Ortuño, J. F. (2002). *Tratamiento físico químico de aguas residuales, COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN* (1 ed.). España: Universidad de Murcia.

Determinación de la conductividad térmica de materiales para modelar la velocidad de transferencia de calor por conducción en biosecado

¹Javier Díaz Megchún, ²Manuel de Jesús Macías Hernández, ³Anselmo Osorio Mirón,
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., jadime25@hotmail.com.

²Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, Edificio N° 7, Unidad Profesional Adolfo López Mateos. Colonia Lindavista, Delegación Gustavo A. Madero, C.P. 07738, México, D.F.

³Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas-Orizaba, Prolongación Oriente 6 1009, Orizaba, Veracruz, México.

Resumen

La demanda de datos confiables de las propiedades térmicas de los materiales es crucial para diseñar, modelar y mejorar los tratamientos biológicos de residuos sólidos. Por lo tanto, en este trabajo se determinó la conductividad térmica de madera triturada de residuos de poda (mulch) y de cascara de naranja, antes de ser sometidos a un proceso de biosecado. Para la determinación, se utilizó el método en estado estacionario de placas calientes. Los materiales analizados fueron sometidos a distintos contenidos de humedad, con el fin de generar un modelo que relacione el cambio de la conductividad térmica con respecto a la humedad. Los datos obtenidos suponen un aumento en la conductividad térmica proporcional al contenido de humedad. Las temperaturas de trabajo se establecieron entre 30 y 50 °C, en consecuencia se generaron valores de conductividad térmica característicos del biosecado. Los resultados obtenidos serán utilizados en el modelado de la transferencia de calor por conducción en biosecado.

Palabras Clave: *Contenido de humedad, estado estacionario, fase termofílica, método de placa de caliente.*

1. Introducción

Los residuos sólidos generados por la actividad humana se han convertido en un problema importante para la población mundial. En el 2011 se estimó que en México se generaron 21,524,900 toneladas de residuos sólidos orgánicos [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 desechos, 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 modelado de procesos es una herramienta muy útil que puede ayudar a optimizar el proceso de biosecado. Para modelar matemáticamente es fundamental obtener las propiedades térmicas de los residuos sólidos. La conductividad térmica es una propiedad importante en el análisis de transferencia de calor, ésta se define como la cantidad de calor que se transmite en una dirección, por unidad de tiempo y de superficie cuando el gradiente de temperatura es unitario [2].

Según la ley que rige la transferencia de calor en los sólidos (Ley de Fourier de la conducción), una vez que se ha alcanzado el régimen permanente, la velocidad de transmisión calorífica unidireccional (dirección x) a través de un material es [3]:

$$\frac{q_x}{A} = -k \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

donde q_x es la velocidad de transferencia de calor en la dirección x , A es el área de corte transversal normal a la dirección del flujo de calor, T es la temperatura, x es la distancia y k es la conductividad térmica.

La velocidad de transferencia de calor por conducción (ec. 1) también se puede expresar:

$$q = U(T - T_s)A \quad (2)$$

donde T es la temperatura del aire de secado, T_s es la temperatura de los residuos sólidos, y U está definida por la ecuación (3):

$$U = \frac{1}{Z_s/k} \quad (3)$$

donde Z_s es el espesor del sólido. Se han reportado algunas determinaciones de conductividad térmica en residuos sólidos, como son estiércol de ganado [4], lodos urbanos mezclados con agentes estructurantes [5], material de composta (mezcla de paja de trigo con estiércol de pollo) [6], paja de trigo, viruta de madera, desperdicios de pavo, aserrín, estiércol de vacas y hojas, analizados en [7]. A pesar de esto, todavía falta mucha información de la conductividad térmica de una gran variedad de residuos sólidos orgánicos. En el trabajo de Ahn y col. [7] se concluye que la conductividad térmica aumenta linealmente, incrementado el contenido de humedad. Como el agua, el aire y los sólidos tienen sus valores específicos de conductividad térmica, la conductividad térmica de los residuos sólidos orgánicos varía dependiendo de la relación de estos tres materiales [8]. La conductividad térmica puede ser medida por métodos en estado estable (placas paralelas o plato caliente) y no estacionarios (disipación del calor transitorio) [7], [9]. Utilizando el método en estado estacionario, solo se requiere conocer el flujo de calor y la caída de temperatura a través de la muestra para obtener la conductividad térmica. Esta es una técnica bien establecida para materiales volumétricos, aunque siempre se debe tener especial cuidado en mantener un flujo de calor unidireccional y evitar las pérdidas laterales de calor [10]. El objetivo de este trabajo fue determinar la conductividad térmica de residuos orgánicos como son cáscaras de naranja y una mezcla de cáscaras de naranja-mulch, sustratos que después serán sometidos a biosecado.

2. Metodología

2.1. Preparación de las muestras

Los residuos de naranja fueron triturados a un tamaño entre 2.5-4 cm. Se realizaron ensayos a tres diferentes tipos de humedad (seco, con contenido natural de humedad y saturado) por triplicado. Así mismo, se realizaron otros tres ensayos con las mismas variaciones de humedad, sin embargo en estos se agregó mulch como agente estructurante a una razón 1:5; es decir 20% mulch y 80% residuos de naranja, en peso. Las muestras recolectadas fueron pesadas mediante una balanza granataria OHAUS 700-800 SERIES, con el fin de agregar la misma cantidad en cada prueba.

2.2. Diseño y montaje del equipo

Para medir la conductividad térmica se utilizó el método en estado estacionario de placa caliente [2], [7], [11], [12], que como su nombre lo indica, consiste esencialmente en una fuente caliente constituida por dos placas calefactoras y una resistencia de acero inoxidable. La resistencia se colocó entre las placas de aluminio, que tienen las siguientes medidas: 17cm de ancho x 17 cm de largo x 0.3175 cm de espesor y favorecen una transmisión de calor homogénea. La resistencia se conectó a un transformador de corriente de 15 V, conectado a su vez a la corriente alterna. Seguido de las placas calientes, se colocó la muestra del material a experimentar. La muestra ocupó un espacio de 17 cm de ancho x 17 cm de largo x 5 cm de espesor. En los extremos opuestos de las muestras, se ubicaron unas placas frías (de aluminio) como unidades de enfriamiento. Las medidas de las placas frías son de 17 cm de largo x 17 cm de ancho x 0.158 cm de espesor, que contiene serpentines interiores con un diámetro de 0.6 cm por donde circula agua. El agua de enfriamiento provenía de un tanque de 30 L. La temperatura del agua en el tanque se mantenía a 10 °C aproximadamente. En ambos lados de las muestras se colocaron termopares para registrar permanentemente las temperaturas de la cara fría y de la cara caliente. Se formó así una especie de emparedado horizontal con varias capas, donde el calor se produce eléctricamente por la resistencia y se va transmitiendo hacia los extremos contrarios por conducción. Cerrando totalmente el conjunto, se cubrió los 6 lados con láminas de unicel de 2 cm de espesor, para evitar pérdidas de calor hacia el exterior. Todo se cubrió con un segundo aislante (fibra de vidrio). Finalmente, el equipo estuvo montado dentro de una caja de madera para ofrecer estructura y soporte a los materiales. El término “Placa Caliente Aislada” es aplicado al aparato en conjunto. El régimen estacionario se considera alcanzado cuando se cumple la siguiente condición [13]:

- Una variación para el incremento medio ΔT_m , inferior al 1% en un lapso de dos horas.

2.3. Cálculo de la conductividad térmica

La técnica se basa en la ley de Fourier de conducción en estado estacionario (ecuación 1). La conductividad se midió luego que el equipo alcanzó el estado estacionario de transferencia de calor. En ese momento, se midió la diferencia de temperatura entre ambas caras y se registró la potencia eléctrica que se estaba entregando al equipo. La conductividad térmica se determinó mediante la siguiente expresión:

$$k = \frac{LP}{\Delta T_m A} \quad (4)$$

donde L es el espesor de la muestra (m), A es el área de distribución de calor (m²) P es la potencia suministrada (watts), y ΔT_m incremento medio de la temperatura de ensayo

3. Resultados

El contenido de humedad obtenido de las cáscaras de naranja secas, naturales y saturadas fueron de 0.92±0.23%, 69.20±4.68% y 82.47±2.38%, respectivamente. El estado estacionario se alcanzó en diferentes tiempos, dependiendo del contenido de humedad que tenían las muestras, como se observa en la Tabla 1. Mientras mayor era el contenido de humedad, mayor era el tiempo en que tardaba el sistema en estabilizarse y mantener las temperaturas constantes. Los tiempos obtenidos en las determinaciones realizadas fueron característicos de la técnica usada [13]. Sin embargo, en la bibliografía no se encontró información sobre el tiempo que demora alcanzar el estado estable en

función del contenido de humedad. Una posible explicación a la tardanza es, que debido a la gran cantidad de agua presente en las cáscaras, se llevó a cabo un transporte de agua desde los residuos hacia el medio ambiente, en forma de vapor (al aire presente dentro del equipo), y en forma líquida (drenada por medio de una purga). Después de que el sistema se estabilizó con relación a la transferencia de masa, se pudo iniciar el acondicionamiento térmico.

Tabla 1. Contenido de humedad de las muestras usadas para la determinación de conductividad térmica

	Cáscaras de naranja		Mezcla cáscaras-mulch
	Contenido de humedad (%)	Tiempo en alcanzar el estado estacionario (h)	Contenido de humedad (%)
Secas	0.92±0.23	15±4.24	4.66±1.15
Naturales	67.55±4.68	16.66±2.30	58.62±5.90
Saturadas	82.28±2.38	20±4	74.94±4.09

La conductividad térmica de las cáscaras secas, naturales y saturadas de agua fueron 0.51±0.008, 0.63±0.0007 y 0.67±0.015 W/m°C, respectivamente, como se muestra en la Figura 1. También se presenta el modelo de regresión lineal. La conductividad térmica (K) mostró un aumento con relación al contenido de humedad. Este comportamiento fue semejante a los reportados en literatura, donde se han utilizado muestras de diversos residuos sólidos, tales como lodos urbanos mezclados con agentes estructurantes [5], material de composta (mezcla de paja de trigo con estiércol de pollo) [6], paja de trigo, viruta de madera, desperdicios de pavo, aserrín, estiércol de vacas y hojas, analizados por [7]. Este perfil también coincide con los encontrados en materiales muy diversos como son las rocas porosas y minerales [14]. La tendencia fue la esperada, ya que el agua (0.6 W /m°C) tiene una conductividad más alta que la del aire (0.026 W /m°C). Se podría establecer que mientras mayor sea el número de poros o espacios llenos de aire, menor será la conductividad térmica en comparación a si estuvieran llenos de agua.

También se determinó la conductividad térmica de la mezcla cáscaras de naranja-mulch. La mezcla inicialmente contenía una humedad de 58.62±5.90%. Con la saturación de agua, se alcanzó una humedad de 81.81±1.78 %. Sin embargo, el contenido de humedad más alto para el análisis de conductividad térmica fue de 74.94±4.09 %. Las pérdidas de agua por los procesos de difusión y convección hacían que la humedad máxima de la muestra fuera de 75% aproximadamente, cuando el sistema alcanzaba el estado estable. El efecto del contenido de humedad sobre la conductividad térmica de la mezcla de cáscara de naranja-mulch se presenta en la Figura 2, con su respectivo modelo de regresión lineal.

La mezcla de cáscaras de naranja-mulch tuvo la misma tendencia que la obtenida con las cáscaras de naranja sin mulch, la conductividad térmica aumentó con el contenido de humedad. Esto concuerda con lo reportado por [5], [6], [7]. No obstante, la conductividad térmica de las cáscaras solas fue mayor que la de la mezcla de cáscaras de naranja-mulch.

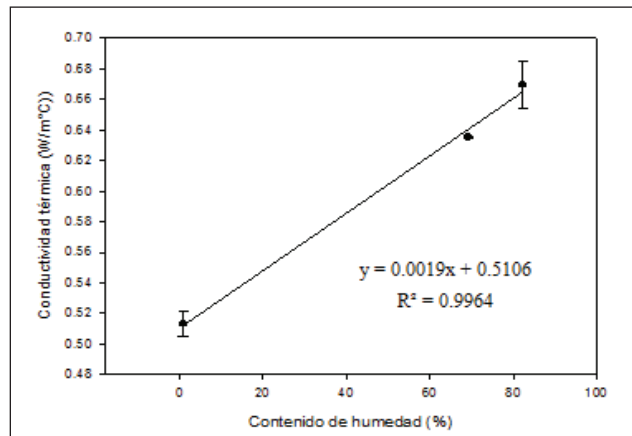


Figura 1. Efecto del contenido de humedad sobre la conductividad térmica de residuos de cáscara de naranja

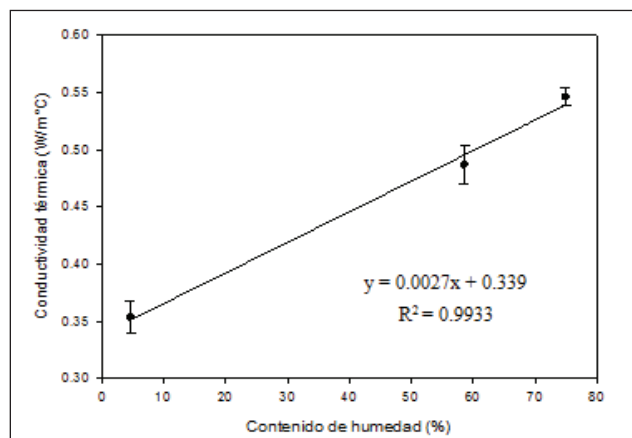


Figura 2. Efecto del contenido de humedad sobre la conductividad térmica en la mezcla cáscaras de naranja-mulch

Una posible causa de este decremento en la mezcla es, que la conductividad térmica de la madera se encuentra entre 0.11-0.255 W/m°C [2], mientras que el de la naranja es de 0.58 W/m°C [15]. Entonces, el mulch ocupó en la mezcla, un volumen importante, que antes era ocupado por cáscaras de naranja, derivando en una disminución en la conductividad térmica.

Determinar la conductividad térmica de los materiales es un punto crítico, ya que los resultados generados en la experimentación se sustituyen en las ecuaciones (1), (2) y (3). Finalmente, si no existe aireación forzada, la velocidad transferencia de calor por conducción en biosecado se obtiene por la ecuación (2).

4. Conclusiones

La conductividad térmica de los materiales estudiados presentó una relación lineal con respecto al contenido de humedad. Se elaboraron 2 modelos de conductividad térmica para una mezcla de cáscaras naranja-mulch y cáscaras de naranja, con el fin de caracterizar térmicamente a los residuos y obtener valores confiables. El siguiente punto de la investigación será modelar la velocidad de transferencia de calor por conducción en el biosecado.

Referencias Bibliográficas

- [1] SEMARNAT. 05 de noviembre de 2012. www.semarnat.gob.mx.
- [2] Martina, P.E., Aeberhard, A. E., Aeberhard, M.R., Corace, J.J. “Fabricación de un equipo de placa caliente para la determinación de conductividad térmica de materiales”. *Comunicaciones científicas y tecnológicas 2003*. 2003. Universidad Nacional del Nordeste. Resistencia.
- [3] Geankoplis, C. *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. Tercera edición. 1998. Editorial CECSA. México.
- [4] Iwabuchi, K., Kimura, T., Otten, L. “Effect of volumetric water content on thermal properties of dairy cattle feces mixed with sawdust”. *Bioresource Technology*. Vol. 70. 1999. Pp. 293–297.
- [5] Huet, J., Druilhe, C., Trémier, A., Benoist, J.C., Debenest G. “The impact of compaction, moisture content, particle size and type of bulking agent on initial physical properties of sludge-bulking agent mixtures before composting”. *Bioresource technology*. Vol. 114. 2012. Pp.428-436.
- [6] Van Ginkel, J.T., Van Haneghem, I.A., Raats, P.A.C. “Physical properties of composting bulking materials: gas permeability, oxygen diffusion coefficient and thermal conductivity”. *Biosystems Engineering*. Vol. 81(1). 2002. Pp. 113-125.
- [7] Ahn, H.K., Sauer, T.J., Richard, T.L., Glanville, T.D. “Determination of thermal properties of composting bulking materials”. *Bioresource Technology*. Vol. 100. 2009. Pp. 3974-3981
- [8] Holman, J.P. *Heat Transfer*. Novena edición. 2002. Editorial MacGraw-Hill, New York.
- [9] Yang, W., Sokhansanj, S., Tang, J., Winter, P. “Determination of thermal conductivity, specific heat and thermal diffusivity of borage seeds”. *Biosystems Engineering*. Vol. 82. 2002. Pp. 169-176.
- [10] Tan, J.C., Tsipas, S.A., Golosnoy, I.O., Curran, J.A., Paul, S., Clyne, T.W. “A steady-state Bi-substrate technique for measurement of the thermal conductivity of ceramic coatings”. *Surface and coating technology*. Vol. 201. 2006. Pp. 1414-1420.
- [11] NMX-C-189-1984 Industria de la Construcción -Materiales Termoaislantes-Transmisión térmica (Aparato de Placa Caliente Asilada)-Método de Prueba.
- [12] ASTM C177-97 Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurement and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus.
- [13] Ferriz, R. C. A. *Diseño, fabricación y calibración de un dispositivo para la caracterización de las propiedades termofísicas en materiales secos de alta resistencia térmica y baja temperatura de uso*. Memoria de proyecto final. 2007. Universitat Autònoma de Barcelona. Barcelona.
- [14] Abdulagatova, Z., Abdulagatov, I.M., Emirov, V.N. “Effect of temperature and pressure on the thermal conductivity of sandstone”. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*. Vol. 46. 2009. Pp. 1055–1071.
- [15] Sweat V. E. “Experimental values of thermal conductivity of selected fruits and vegetables”. *Journal of Food Science*. Vol. 39. 1974. Pp. 1080-1089.

Caracterización fisicoquímica en diferentes años de los residuos sólidos urbanos del relleno sanitario de Zinacantepec, México

¹Elvira Olay Romero, ^{1*}María del Consuelo Hernández Berriel, ¹María Claudia Delgado Hernández, ¹Isaías de la Rosa Gómez, ²Otoniel Buenrostro Delgado

¹Instituto Tecnológico de Toluca. Av. Instituto Tecnológico s/n. Fraccionamiento La Virgen 52149, Metepec, Edo. de México, México. email: *hberriel_1999@yahoo.com; mhernandezb@ittoluca.edu.mx.

²Laboratorio 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

Existen diferentes formas de disponer los residuos sólidos urbanos, sin embargo por su costo y forma de operar los rellenos sanitarios son el método más usado en el mundo. México no es la excepción y de 30 rellenos sanitarios en 2002 se incrementaron a 137 para el 2009, de los cuales 13 se encuentran en el Estado de México. En la gestión de los rellenos sanitarios la caracterización de los residuos sólidos urbanos es imprescindible para optimizar su manejo y vida útil, la composición se ve afectada por factores como el crecimiento demográfico, nivel socioeconómico, cambios en los patrones de consumo y grado de degradación. El objetivo de este trabajo fue realizar un estudio comparativo de los parámetros fisicoquímicos de los residuos sólidos urbanos dispuestos en dos diferentes años en el RESA de Zinacantepec, Estado de México. Para ello se realizó la caracterización de los residuos sólidos urbanos en la capa superficial en época de estiaje en el 2012 y 2013 mediante los parámetros: componentes, tamaño de partícula, peso volumétrico, pH, humedad, sólidos volátiles totales, materia orgánica y relación C/N. Los Plásticos, Pañales y Electrónicos incrementaron su porcentaje, mientras que los Varios y Finos disminuyeron. Entre los orgánicos los alimentos incrementaron de 3.71% en 2012 a 11.17% en 2013, sin embargo en cuanto a los parámetros de humedad, tamaño de partícula, pH, materia orgánica y relación C/N, las mezclas de RSU de ambos años fueron similares.

Palabras Clave: *Composición, Humedad, Materia Orgánica, pH*

1. Introducción

La generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) se intensifica a nivel mundial a la par que el crecimiento demográfico y económico. En el 2012 México generó 41 millones de toneladas, lo que equivale a 112.5 mil toneladas de RSU diarias, de las cuales 14,484 toneladas (16.09%) correspondieron al Estado de México, que es la entidad con mayor generación y población (14% del total nacional). El incremento en la generación de RSU agrava el problema de su gestión, incluyendo su disposición final, para lo cual México al igual que otros países del mundo ha elegido el Relleno Sanitario (RESA) como la principal forma. [1]-[4].

Dentro de la gestión integral de los RSU la caracterización es fundamental, debido a que su carencia provoca un manejo, tratamiento y disposición inadecuados, teniendo consecuencias dañinas para el medio ambiente y la sociedad. La composición de los RSU ha cambiado drásticamente, de acuerdo con la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) [1] los materiales orgánicos en los 50's constituía entre el 65% y 70% del total de los RSU generados a nivel

nacional, mientras que para el 2011 su composición fue de 52% de residuos de alimentos, jardines y materiales orgánicos similares.

Los estudios de caracterización varían en función de su aplicación. En México se tienen estudios de caracterización en la fuente, que consiste en recolectar los RSU casa por casa (NMX-AA-61-1985) para su posterior clasificación (NMX-AA-022-1985) [5]; entre los trabajos destacan los de Bernache *et al.* [6] y Gómez *et al.* [7] realizados en Guadalajara y Chihuahua respectivamente. Los porcentajes determinados en cada una de estas ciudades, corroboran que existen factores que influyen en la composición de los RSU como el clima, la frecuencia de recolección, las costumbres sociales, el ingreso per cápita, así como el grado de urbanización e industrialización [8], [9].

Se han realizado reportes de caracterizaciones en estaciones de transferencias para determinar el porcentaje de materiales reciclables [6], [10] y también se tienen en sitios de disposición, en donde el fin es conocer la fracción fácilmente biodegradable y realizar estimaciones de generación de biogás; como los estudios de Hernández-Berriel *et al.* [11], Hernández-Berriel *et al.* [12] y González *et al.* [13] que muestra cuatro composiciones.

Aunado a lo anterior se han hecho determinaciones de factores fisicoquímicos como peso volumétrico, tamaño de partícula, humedad, sólidos volátiles totales (SVT), materia orgánica (MO), pH, nitrógeno total y relación C/N, con el fin de brindar información sobre el grado de descomposición de la MO y la estabilización de las celdas [9], [13], [14], [15]. Conforme a lo anterior, el objetivo de este trabajo fue realizar un estudio comparativo de los parámetros fisicoquímicos de los RSU dispuestos en dos diferentes años en el RESA de Zinacantepec, Estado de México.

2. Metodología

2.1. Selección de la muestra

Las muestras de RSU fueron tomadas en época de estiaje en dos años consecutivos. En el 2012 se eligió la Celda 02; donde antes de tomar la muestra se retiraron 10 cm de material de cobertura y se marcó con cal el área para extraer los RSU, de los cuales se tomaron 200 kg en cinco puntos diferentes. En el 2013 se eligió la Celda 03, en donde la muestra fue tomada de la capa superficial una vez compactada por la maquinaria, antes de que se colocara el material de cobertura. En ambas muestras se siguió el método de cuarteo para reducir su cantidad (NMX-AA-015-1985) [5].

2.3. Caracterización física

La cuantificación de los subproductos se realizó de acuerdo a la norma NMX-AA-022-1985 [5] separando y colocando en bolsas previamente identificadas cada tipo de ellos, al final se pesó cada bolsa para determinar la composición de la muestra. El peso volumétrico se determinó de acuerdo a la norma NMX-AA-019-1985 [5]. Para el tamaño de partícula se midió el largo, ancho y alto de cada subproducto en el sitio después de haber pasado la máquina de compactación sobre los RSU depositados en la celda [9].

2.4. Caracterización fisicoquímica

Los parámetros fisicoquímicos se analizaron por duplicado utilizando las técnicas de la Tabla 1. Para ello de acuerdo a la composición obtenida, se reconstruyeron dos muestras compuestas mezclando cada subproducto, previamente pesado y fraccionado a 1 cm². Las muestras compuestas secas se molieron a un tamaño de partícula semejante a la arena gruesa (NMX-AA-52-1985) [5].

Tabla 1. Parámetros Fisicoquímicos

PARÁMETROS	NORMAS/MÉTODOS	PARÁMETROS	NORMAS/MÉTODOS
pH	NMX-AA-25-1984 ^a	MO (%)	NMX-AA-021-1985 ^a
Contenido de Humedad (%Hbh)	NMX-AA-16-1984 ^a	N (%)	NMX-AA-026-SCFI-2010 ^a
SVT (%)	Método 2540G ^b	C/N	NMX-AA-067-1985 ^a

Fuente: ^a[5]; ^b[16].

3. Resultados y discusión

El RESA en estudio se encuentra ubicado al margen derecha del km 11.5 de la carretera Estatal Toluca-Zitácuaro. Tiene una extensión aproximada de 7 hectáreas y cuenta con una celda saneada, dos clausuradas, una en operación y una más en construcción. Se regularizó en el 2007 y actualmente opera de acuerdo con la norma NOM-083-SEMARNAT-2003 [5] después de haber fungido como tiradero a cielo abierto por 21 años. Actualmente recibe en promedio 250 ton/día.

3.1. Selección de la muestra

Los RSU que llegan al RESA de Zinacantepec, no se disponen directamente en la celda, previamente en el frente de trabajo se realiza una separación manual de los principales materiales reciclables como cartón, plástico y vidrio. La muestra final obtenida en el 2012 fue de 592.5 kg y en el 2013 de 140.15 kg. Si bien la diferencia entre estas muestras es de 452.35 kg, de acuerdo con Tchobanoglous *et al.*, [10] no debería existir diferencias significativas entre ellas.

3.2. Caracterización física

El peso volumétrico de los RSU muestreados en el 2012 fue de 1191 kg/m³ y de los del 2013 fue de 100 kg/m³, debido a que en el 2012 no se aplicó la NMX-AA-019-1985 sino que se aprovechó el espacio dejado al retirar los RSU para estimar el volumen de manera empírica, lo cual consistió en cubrir con plástico el espacio, llenar con agua y medir su volumen. De acuerdo con Orta *et al.* [17] la capacidad de campo se encuentra estrechamente relacionada con el peso volumétrico, ya que entre mayor sea éste, menor será la cantidad de agua o lixiviado de saturación para una matriz de RSU. El tamaño de partícula en promedio fue de 8.5-14.4 cm y 7.5-13.5 cm respectivamente para 2012 y 2013, encontrándose ligeramente por debajo del promedio reportado por Tchobanoglous *et al.* [9], quienes reportan el tamaño promedio de los RSU compactados entre 17.8-20.3 cm.

En la Tabla 2 se muestra la composición de los RSU. De los 26 subproductos que establece la NMX-AA-022-1985 [5] solo se consideraron 22, debido a que no se encontraron Cuero, Fibras sintéticas, Poliestireno expandido y Algodón. Se anexaron los siguientes cinco subproductos: Higiénicos por el alto volumen detectado; Material de fundición debido a que se recibe en el sitio previo análisis CRETIB; Medicamentos y Material eléctrico porque se les encontró entre los RSU y dadas sus características no pudieron incurirse en algún subproducto; así como Varios donde se colocaron aquellos residuos difíciles de identificar por su deterioro.

Tabla 2. Resultados de composición

No.	RESIDUO	2012	2013	No.	RESIDUO	2012	2013
1	Alimentos	3.71%	11.17%	14	Plástico de película	8.52%	14.03%
2	Fibra vegetal	1.77%	1.05%	15	Plástico rígido	4.73%	5.48%
3	Residuos de jardinería	1.86%	0.35%	16	Material de construcción	4.39%	5.31%
4	Huesos	0.34%	0.71%	17	Material de fundición	1.69%	1.47%
5	Madera	0.68%	0.66%	18	Cerámicos	0.84%	0.96%
6	Cartón	3.21%	2.68%	19	Vidrio	3.88%	1.28%
7	Papel	4.73%	4.95%	20	Metal ferroso / latas	1.35%	0.79%
8	Higiénicos	2.87%	0.00%	21	Metal no ferroso	0.25%	0.23%
9	Pañales	4.98%	8.48%	22	Material eléctrico	0.08%	0.18%
10	Tela	2.78%	3.62%	23	Medicamentos	0.51%	0.08%
11	Tetrapack	1.60%	2.26%	24	Varios	21.52%	19.27%
12	Hule	1.27%	1.37%	25	Finos	21.94%	12.90%
13	Unisel	0.51%	0.44%	26	Otros	0	0.29%

Por el bajo volumen encontrado se contabilizaron juntos los subproductos Vidrio transparente y de color, así como Material ferroso y Latas. Por el contrario, por su alto volumen el Plástico de película y Plástico rígido fue pesado de forma separada, obteniendo 14.03% y 5.48% respectivamente en el 2013 y, 8.52% y 4.73% en el 2012, ambos en su conjunto son mayores a la media nacional [1].

En cuanto a los materiales orgánicos en los cuales se incluyen: Alimentos, Fibra vegetal, Residuos de jardinería, Huesos, Madera, Cartón, Papel, Higienicos y Pañales; en el 2012 se obtuvo un 24.14% y en el 2013 un 30.05%, los cuales son menores respecto a la media nacional [1]. El que el porcentaje de alimentos sea muy bajo en ambos años, se atribuyó a que una parte de ellos se encontraban en los subproductos Finos y Varios. Para corroborar ésto se realizaron determinaciones de MO a ambos subproductos

3.3. Caracterización fisicoquímica

En la Tabla 3 se muestran los resultados de los analisis fisicoquimicos de la mezcla compuesta de los RSU y de los subproductos Varios, Finos y Alimentos. Amabas mezclas presentan una humedad baja, lo cual no es apropiado para la degradación de la MO [12]. El mayor porcentaje de SVT se obtuvo en el 2013, lo que puede atribuirse a que en este año fue mayor la cantidad de plásticos en un 32% [18] y, los subproductos considerados dentro del material orgánico fueron en su conjunto un 6% más que en el 2012, sin embargo, la cantidad de MO en el 2012 fue ligeramente mayor, lo cual puede deberse a que existe cierta cantidad no clasificada por sus condiciones físicas en los Finos y Varios, los cuales la contienen en mayor cantidad en este año. La cantidad de N y la relación C/N se mantiene similar a pesar de las grandes diferencias encontradas en algunos subproductos. En el caso de C/N se requeriría incrementar para mejorar la degradación de los RSU [19].

Tabla 3. Resultados parametros fisicoquímicos

PARÁMETROS	MEZCLA RSU		FINOS		VARIOS		ALIMENTOS	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Humedad (%Hbh)	25.29	29.5	18.59	15.24	22.27	31.14	62.34	60.76
pH	8.94	7.38	9.32	6.31	9.29	6.79	6.53	7.33
SVT (%)	46.18	57.35	13.60	13.82	19.02	36.23	62.30	60.99
MO (%)	19.56	18.32	10.36	6.54	11.13	14.24	43.05	25.01
N (%)	0.72	0.57	0.46	0.37	0.39	0.49	1.40	0.90
C/N	14.52	17.19	12.05	9.45	15.26	15.54	16.44	14.86

4. Conclusiones

En la caracterización del sitio se encontró en mayor proporción Plástico de película, Varios y Finos; determinándose en los subproductos Varios y Finos contenidos del 21.49% y 20.78% de MO para 2012 y 2013 respectivamente.

Se encontraron claras diferencias en los porcentajes de los subproductos entre un año y otro, sin embargo los parámetros fisicoquímicos de las mezclas de RSU de ambos años fueron similares.

Las condiciones fisicoquímicas actuales del sitio como humedad y relación C/N tendrían que mejorarse para acelerar la degradación de la MO y estabilizar el sitio en un menor tiempo.

Referencias Bibliográficas

- [1] SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2012a. Informe de la situación de medio ambiente en México, Compendio de estadísticas ambientales. (Último acceso: Mayo 17, 2013). http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/07_residuos/cap7_1.html
- [2] SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2012b Programa nacional para la prevención y gestión integral de los residuos 2009-2012. (Último acceso: Mayo 17, 2013) http://www.ine.gob.mx/descargas/pnpgir_ver%20int.pdf
- [3] Gómez G., Meneses M., Ballinas L., Castells F., “Seasonal characterization of municipal solid waste (MSW) in the city of Chihuahua, Mexico”. Waste Management. Vol. 29 (7). 2009. pp. 2018–2024.
- [4] INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. Volumen y crecimiento poblacional total por entidad federativa, 1895 a 2010. (Último acceso: Junio 19, 2013) <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/Default.aspx?t=mdemo148&s=est&c=29192>
- [5] SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2012c. Normas mexicanas vigentes. (Último acceso: Mayo 23, 2013) <http://www.semarnat.gob.mx/leyesyformas/Pages/NMXpormateria.aspx>
- [6] Bernache-Pérez G., Sánchez-Colón S., Garmendia A.M., Dávila-Villarreal A., Sánchez-Salazar M.E., “Solid waste characterisation study in the Guadalajara Metropolitan Zone, Mexico”. Waste Management & Research. Vol. 19. 2001. pp. 413–424.
- [7] Gomez G., Meneses M., Ballinas L., Castells F., “Characterization of urban solid waste in Chihuahua, Mexico”. Waste Management. Vol. 28 (12). 2008. pp. 2465–2471.
- [8] Henry Glynn J., Gary W. H. *Ingeniería Ambiental*. 1994. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. México, D.F., pp. 567–573.
- [9] Tchobanoglous, G., Theisen H., Vigil S. *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. 1994. McGraw-Hill-INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A. México, D.F. Vol. I. pp. 164-172.
- [10] Aguilar-Virgen Q., Armijo-de Vega C., Taboada-González P.A., Ojeda-Benítez S., “Municipal Solid Waste Generation and Characterization in Ensenada”. The Open Waste Management Journal. Vol. 3. 2010. pp. 140-145.

- [11] Hernández-Berriel Ma. C., Márquez-Benavides L., González-Pérez D. J., Buenrostro-Delgado O., “The effect of moisture regimes on the anaerobic degradation of municipal solid waste from Metepec (México)”. *Waste Management*. Vol. 28. 2008. pp. 514-520.
- [12] Hernández-Berriel Ma. C., Mañón-Salas C., Sánchez-Yáñez J.M., Lugo-de la Fuente J., Márquez-Benavides L., “Influence of Recycling Different Leachate Volumes on Refuse Anaerobic Degradation”. *The Open Waste Management Journal*. Vol. 3. 2010. pp. 155-166.
- [13] González C., Buenrostro O., Márquez L., Hernández C., Moreno E., Robles F., “Effect of Solid Wastes Composition and Confinement Time on Methane Production in a Dump”. *Journal of Environmental Protection*. Vol. 2. 2011. pp. 1310-1316.
- [14] Mor S., Ravindra K., De Visscher A., Dahiya R.P., Chandra A., “Municipal solid waste characterization and its assessment for potential methane generation: A case study”. *Science of The Total Environment*. Vol. 371 (1–3). 2006. pp. 1–10.
- [15] DeWalle F., Hammerberg E., Chian E., “Gas Production from Solid Waste in Landfills”. *Journal of the Environmental Engineering Division*. Vol. 104 (3). 1978. pp. 415-432.
- [16] APHA. 2005. *Standard Methods for Water and Wastewater Examination*, 21st ed. American Public Health Association–American Water Works Association, Water Environment Federation Publication, Washington, DC. United States of America United States of America.
- [17] Orta de Velázquez M.T., Cruz-Rivera R., Rojas-Valencia N., Monje-Ramirez I., Sánchez-Gómez J., “Determination of field capacity of municipal solid waste with surcharge simulation”. *Waste Management & Research*. Vol. 21 (2). 2003. pp. 137-144.
- [18] Kelly R., Shearer B., Kim J., Goldsmith C., Hater G., Novak J., “Relationships between analytical methods utilized as tools in the evaluation of landfill waste stability”. *Waste Management*. Vol. 26. 2006. pp. 1349-1356.
- [19] Kayhanian M., “Biodegradability of the organic fraction of municipal solid waste in a high-solids anaerobic digester”. *Waste Management & Research*. Vol. 13. 1995. pp. 123-136.

Clasificación de residuos de manejo especial de supermercados y centros de servicios en la ciudad de Tepic, Nayarit

¹Claudia Estela Saldaña Durán, ¹Diana Ibarra Rodríguez, ¹Irma Paz Hernández Rosales

¹ Cuerpo Académico de Sustentabilidad Energética de la Universidad Autónoma de Nayarit, Ciudad de la Cultura Amado Nervo S/N, C.P. 63155. Tel. (311) 2 11 88 00 ext. 8757, Tepic, Nayarit, México. cesduran@uan.edu.mx

Resumen

La generación de residuos sólidos en el desarrollo de las ciudades actuales necesita estrategias en el manejo adecuado de sus residuos. Un fenómeno reciente, en el proceso de desarrollo económico de las ciudades son los supermercados y los centros de servicios. Este estudio realiza la caracterización y composición de los residuos de supermercados y centros de servicio de la ciudad de Tepic, Nayarit, considerados según la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos como residuos de manejo especial (RME). El promedio de muestreo fue de siete días durante los meses de abril y mayo. Los materiales orgánicos incluyendo frutas, verduras, productos de panadería y carnes en base a su peso y volumen representa el 37 % de la muestra, los inorgánicos como papel y cartón el 18 %, y los plásticos el 14 %. Las cantidades y tipos de los residuos de once centros comerciales que generan residuos de manejo especial, a una tasa de 370.50 kg por día por centro generador son analizados y discutidos en este trabajo. Los resultados sugieren que la composición de los RME pueden reducirse sustancialmente en la fuente de generación y si son separados de forma selectiva cada uno. Los materiales orgánicos para el compostaje e inorgánicos para la industria del reciclaje. Por lo tanto, se recomienda la adopción de programas y estrategias que involucren a los supermercados y centros de servicios de todo el estado para iniciar la separación selectiva en el origen que se traduzca en una disminución en la cantidad de RME que son depositados en el vertedero municipal y en la generación de una industria de reciclaje.

Palabras Clave: *Caracterización de RME, Composición de RME, Separación selectiva de RME, Reciclaje de RME.*

1. Introducción

La ciudad, se manifiesta en la organización de estructuras articuladas por relaciones sociales, políticas, económicas y ambientales que interactúan de forma compleja. De esta complejidad que se desarrolla, el manejo de los residuos sólidos, adquiere una especial categoría en el ambiente [1]. La generación de residuos sólidos en el desarrollo de las ciudades necesita estrategias en el manejo adecuado de residuos. Un fenómeno reciente, en el proceso de desarrollo de las ciudades son los supermercados y los centros de servicios. Una nueva modalidad del consumo que refleja las transformaciones de las ciudades tradicionales dando paso a una ciudad dispersa. En estos espacios comerciales se tejen operaciones bien definidas, como el consumo de energía, agua y otros recursos, generando residuos sólidos, emisiones de gases y efluentes líquidos. Con lo que se puede afirmar que son centros que provocan impactos al ambiente. Por lo que hay que destacar que estos tienen una gran responsabilidad en la preservación ambiental. Los residuos de supermercados y los centros de servicios según la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR) están entre las 8 clasificaciones de Residuos de Manejo Especial (RME), considerados como aquéllos generados en los procesos productivos que no reúnen las características de residuos sólidos urbanos o peligrosos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos

[2]. La Agenda 21, define a los residuos sólidos urbanos (RSU) como "desechos sólidos que incluye todos los residuos domésticos y residuos no peligrosos, tales como desechos comerciales e institucionales, las basuras de la calle y de la construcción escombros [3].

Esta investigación se centra en los residuos generados por los supermercados y los centros de servicio de la ciudad de Tepic, estos suministran una gran parte de comestibles y otras necesidades a la población. Debido a la rotación de los productos comerciales, estos generan grandes cantidades de residuos de envases, adornos, productos de panadería, cocina, alimentos congelados y material caduco, papel, aluminio, plásticos, anuncios para la venta, espuma de poliestireno, metales, alimentos en descomposición como carne, pescado, pan, frutas y verduras. Los materiales son desechados de dos a tres veces por semana, depende de los volúmenes que manejen y la temporada del año. En cuanto al cartón de alto grado se compacta y se recicla.

La ciudad de Tepic con una población de 332, 863 habitantes [4], con actividades de servicios, comercios que han ido en aumento a un ritmo muy elevado, se concentran en la ciudad 4 mercados tradicionales, 12 supermercados y 9 centros de servicios. En cuanto a la generación de residuos en la ciudad según la Dirección de Aseo Público, diariamente se generaron 300 toneladas en el 2003 y 600 toneladas en el 2011, se espera que aumente a 800 toneladas en el 2015 [5], las que se disponen en el tiradero controlado el Iztete. De estos residuos sólidos urbanos la generación residuos generados por los comercios RME está entre el intervalo de 4-20% del total de los residuos [6], [7], [8].

Por lo tanto los residuos que se generan de un sociedad urbana están compuestos de diversos materiales, que pueden ser potencialmente reciclables. De esta manera es necesario conocer las características y cantidades de los residuos sólidos generados en diferentes fuentes, estos datos proporcionarían escenarios en la actual gestión de los RSU para la mejora del sistema y planificación futura de las ciudades [10], [11], [12].

2. Material y métodos

La caracterización de los residuos de supermercados y empresas de giro comercial se llevó a cabo en la empresa privada Recolectora de Desechos Sólidos, A. C. REDESO quien realiza la recolección a través de cambio de contenedores que se disponen en los centros generadores. Para obtener la muestra de los RME, se siguió la metodología descrita en la Norma Mexicana NMX-AA-015-1985, que establece el método de cuarteo para residuos sólidos municipales y la obtención de especímenes para los análisis en el laboratorio. En el sitio de la empresa se asignó una zona para la descarga de los residuos en masa y durante dos semanas de domingo a sábado durante los meses de abril y mayo de acuerdo al rol de recolección se realizó el muestreo. Sobre la mezcla descargada por el camión con el contenedor y con la ayuda de mini pala mecánica se llevaron a cabo cuarteos sucesivos Para realizar el cuarteo se dividió la muestra en cuatro partes iguales A B C y D, y se eliminaron las partes opuestas A y C ó B y D, repitiendo esta operación hasta obtener de forma manual una muestra cuyo peso oscilara entre 50 y 100 kg. Una vez separada la muestra a estudiar, se vació en un contenedor de 200 l obteniendo así una estimación de la densidad media, el peso volumétrico de la muestra se calculó con la ecuación (1) teniendo como base la Norma Mexicana NMX-AA-019-1985.

$$Pv = p/v \quad (1)$$

Donde:

Pv = Peso volumétrico de los residuos sólidos de la muestra en kg/m³

P = Peso de los residuos de la muestra en kg

V = Volumen del recipiente empleado para la determinación en m³

Los residuos se clasificaron en categorías, se describieron cada uno de los componentes individuales que constituyen la muestra de RME en masa, y su distribución relativa en porcentajes en peso. Mediante la ecuación (2) se obtuvieron los porcentajes de cada material.

$$Pi = PMi/PT*100 \quad (2)$$

Donde:

P i = Porcentaje en peso del material [%]

PM i = Peso del material i [kg]

PT = Peso total de la muestra [kg]

2. Resultados y discusión

De las 357.83 toneladas de residuos sólidos que se disponen diariamente en el vertedero controlado el Iztete de la ciudad de Tepic [1], los RME correspondientes a supermercados y centros de servicios representan el 11.38 %. Las cantidades y tipos de los residuos de once centros de RME generados durante siete días con un promedio de 370.50 kg por día por centro generador. Se encontró que los residuos orgánicos de ciertos supermercados de la misma empresa estaban impregnados de cloro, jabón líquido y aceite. Se supone que esta actividad que realizan se debe a que estos materiales no se puedan recuperar, se muestran en la tabla 1.

Tabla. 1 Fuentes de generación de los materiales de RME individuales utilizados en el estudio

Empresa de RME	Componentes de RME	Cantidad Recolectada (kg)	Composición de la fuente y otras observaciones
Bodega Aurrera cantera	Orgánicos	470	Residuos de carne, pescado, pan, vegetales, frutas (residuos orgánicos impregnados de cloro)
Sam's CLUB	Papel y cartón	620	Impresiones a color, fotografías, mezcla de residuos (residuos orgánicos impregnados de cloro)
Cinemex Tepic	Orgánicos e inorgánicos	160	Residuos de comida, palomitas de maíz, cartón, residuos sanitarios
Soriana Cigarrera Centro comercial	Papel sanitario	605	Residuos de distintos usos
Walmart	Orgánicos	160	Mezcla de residuos (residuos de frutas partidos e impregnados de jabón líquido)
CHEDRAUI	Orgánicos y plásticos	160	Residuos de verduras, frutas, pan, carne, embutidos, bolsas de plástico, plástico PET
Soriana Tecolote	Orgánicos	490	Residuos de verduras, carne, pollo, pescado, pan, folletos, bolsas de plástico
Bodega Coppel	Inorgánico	270	Envoltura de plástico comercial de muebles, papel y plástico PET
MEGACABLE Magnolia	Plásticos y madera	290	Cable de diferentes tipos, madera prensada, residuos sanitarios
Todas Aurrera	Orgánicos	850	Residuos de verduras, pan, leche en polvo, cartón, tela y plástico PET (residuos impregnados de aceite)

La composición de los RME en Tepic, durante el período del muestreo fue 37% de materia orgánica (verduras, frutas, pan, carnes, leche en polvo), el 63 % de inorgánicos (papel y cartón, plásticos, vidrio, sanitarios, otros, madera prensada, metales, electrónicos), como se muestra en la figura 1.

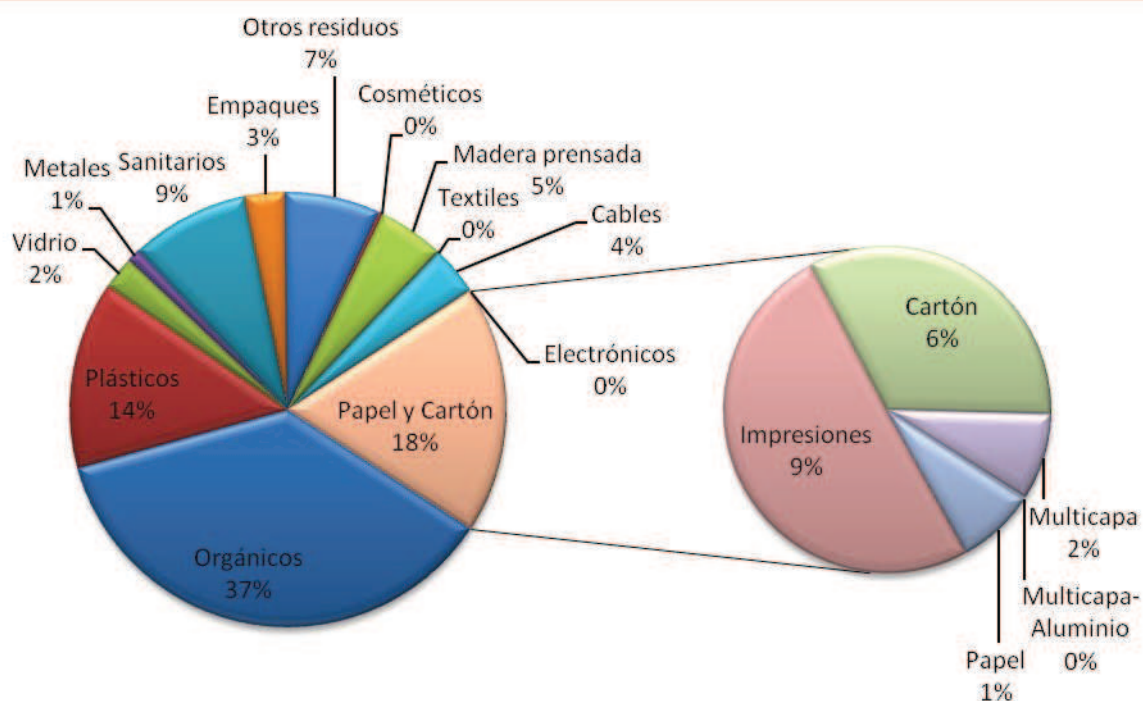


Figura. 1. Composición de RME provenientes de once centros comerciales en la ciudad de Tepic, Nayarit

El porcentaje de materiales reciclables se clasificó de la siguiente manera: papel y cartón (impresiones, cartón, multicapa, papel y multicapa aluminio) con el 18 %, plásticos (polietileno de tereftalato, polietileno de alta densidad, polietileno de baja densidad, polipropileno poliestireno y otros). De acuerdo con los trabajos previos reportados en la literatura, la composición de residuos sólidos generados por el sector comercial en la ciudad de Mexicali, se clasificó de la siguiente manera: de materia orgánica el 39.6 % y el 60.4 % de inorgánicos [6]. Estas proporciones y composiciones de materiales son similares a este estudio. Sin embargo, aunque estas resultan del mismo país proceden de distintas fuentes de generación, de poblaciones con diferentes características socio demográficas. Esto puede ser debido al comportamiento del modelo de consumo que ha permeado en todas las ciudades del país.

4. Conclusiones

Los problemas relacionados con la generación de residuos de manejo especial pueden ser complejos, y no deben ser gestionados de forma aislada. Estos estudios de clasificación y separación en el origen de residuos son una fuente para fomentar el reciclaje o la reutilización de los materiales generados y reducir la cantidad de residuos en los vertederos. En la ciudad de Tepic, Nayarit existen 12 supermercados y 9 centros de servicios (2 cines, 6 tiendas departamentales, y 1 bodega de servicio de telecomunicaciones). En la composición de los RME, se muestran significativamente los residuos orgánicos (37 %), papel y cartón (18 %) y plásticos (14 %), sanitarios (9 %), y otros residuos (7 %), estas cantidades determinan el potencial de reciclables. La tendencia del modelo consumista va en aumento en las sociedades actuales por lo tanto también el aumento de las cantidades de residuos. El estudio muestra un escenario actual, que es importante para diseñar políticas públicas que involucren a los supermercados y servicios de todo el estado

para iniciar programas como la separación selectiva en el origen, bancos de alimentos para indigentes. En particular para fomentar el compostaje de materia orgánica estropeada y la separación de materiales inorgánicos como materia prima para la industria del reciclaje.

Agradecimientos

Este proyecto se realizó gracias al financiamiento de la empresa privada Recolectora de Desechos Sólidos, A. C. REDESO, y al equipo de estudiantes de la Unidad de Aprendizaje de Energía Sustentable del programa académico de Ingeniería Química del Área de Ciencias Básicas e Ingenierías de la Universidad Autónoma de Nayarit.

Referencias Bibliográficas

- [1] Saldaña Durán, C. E. *La gestión de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Tepic, Nayarit*. 1da ed. 2011. Editorial: UAN. México. 215 p.
- [2] DOF (Diario Oficial de la Federación). *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. 2003. México.
- [3] SD21 (United Nations Department of Economic and Social Affairs). *Sustainable Development in the 21st century. Review of implementation of Agenda 21 and the Rio Principles*. 2011
- [4] INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). *II Conteo de Población y Vivienda 2010*.
- [5] DAP. Dirección de Aseo Público. H. XXXVII AYUNTAMIENTO DE TEPIC. *Informe 2010*. 58 pp.
- [6] Garduño-Palomino, K., Ojeda-Benítez, S., Armijo de Vega, C., "Caracterización de residuos sólidos generados por el sector comercial de Mexicali, B.C.". *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. Vol. 28(1). 2012. pp. 19-25
- [7] Alamgir, M., Ahsan, A. "Municipal solid waste and recovery potential: Bangladesh perspective". *Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng.* Vol. 4(2). 2007. pp. 67-76
- [8] Zhang, D., Soon Keat, T., Gersberg, R.M., "A comparison of municipal solid waste management in Berlin and Singapore". *Waste Management*. Vol. 30(5). 2010. pp. 921-933
- [10] Sharholly, M., Ahmad k., Vaishya, R.C., Gupta, R.D., "Municipal solid waste characteristics and management in Allahabad, India". *Waste Management*. Vol. 27(4). 2007. pp. 490-496
- [11] Serkan Nas, S., Bayram, A. "Municipal solid waste characteristics and management in Gümüşhane, Turkey". *Waste Management*. Vol. 28(12). 2008. pp. 2435-42
- [12] Vij D. "Urbanization and solid waste management in India: Present practices and future challenges". *Procedia Social and Behavioral Sciences*. Vol. 37. 2012. pp. 437-447

Biodegradación anaerobia de plásticos residuales

¹Mateo Bravo Chuela, ¹Liliana Márquez Benavides ¹Evelia Santillán F., ² Ma. Del Consuelo Hernández-Berriel

¹ Laboratorio 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 (443) 3.34.04.75 Ext. 115. Morelia, Michoacán, México. lmarquez@umich.mx

²Instituto Tecnológico de Toluca. Av. Tecnológico S/N, Frac. Ex-Rancho La Virgen. Metepec, Estado de México, México.

Resumen

Los plásticos residuales en México representan una fuerte carga para la apropiada gestión de residuos sólidos. Existe a la fecha una serie de plásticos comerciales declarados como degradables, pero esto parece ser una solución parcial dado que algunos de ellos están diseñados solo para desintegrarse pero no degradarse, para degradarse a la luz o en un proceso de composteo aerobio. Sin embargo, una parte significativa parará en el relleno sanitario, donde las condiciones para degradación serán completamente diferentes a las que ideadas por el fabricante. El objetivo de este trabajo fue investigación fue –como un primer paso- establecer una metodología basada en la Norma ASTM D-5526 para conocer el potencial de generación de biogás y CH₄ por plásticos comerciales declarados biodegradables. Las pruebas fueron a escala laboratorio y revelaron algunas de las variables a tomar en cuenta para el establecimiento de la metodología. Además, pruebas de corto plazo revelaron la posibilidad de fácil degradación anaerobia de plásticos en presencia de lixiviados.

Palabras Clave: *Plásticos composteables; metano, actividad metanogénica*

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. Esto significa que el sector de residuos plásticos (RP) representa una serie de retos y oportunidades para los tomadores de decisiones en el sector gubernamental y ambiental.

La gestión integral de los RP incluye estrategias de reciclaje, incineración y la degradación controlada de los polímeros plásticos. La degradación ambiental de plásticos es un proceso complejo: [1] Los plásticos de mercancías de uso común son generalmente estables en el ambiente ya que son resistentes al agua y no son fácilmente disponibles a los microorganismos; [2] los plásticos fácilmente degradables se degradan en días o semanas y suelen ser polímeros especializados; [3] los plásticos de degradación controlada están diseñados para degradarse en un tiempo determinado bajo condiciones específicas, el ejemplo más común es la fotodegradación; [4] la biodegradación de plásticos es una biodegradación química mediada por microorganismos (bacterias, hongos o algas) que produce CO₂ y/o CH₄ (Stevens, 2002). Los plásticos biodegradables están fabricados con materias primas orgánicas que proceden de fuentes renovables, como la fécula de maíz o papa y que al final de su vida útil se descomponen en un corto período, en presencia de microorganismos (Agamuthu & Nadzrul 2005).

En México, la disponibilidad de plásticos declarados biodegradables es reciente. Para el DF existe el proyecto de Norma NADF-014-AMBT-2009 para plásticos biodegradables. El documento técnico base para esta normativa contempla añadir un aditivo peroxidante que permita la oxo-degradación. Además clasifica los plásticos como [1] oxo-degradables o degradables bajo la acción solar; [2] hidrodegradable o degradable natural –basado en almidón, se fragmenta pero no se degrada, [3] biodegradable sintéticos –basado en polímeros hidrofílicos como el ácido poliláctico y [4] oxo-biodegradable o completamente degradable, no usa almidón. El documento hace especial hincapié en el uso de estos últimos y en probar que una vez composteado aerobicamente no producirá un impacto al suelo. A pesar de la importancia de esta normativa, es claro que la gestión actual de residuos en México significa que una cantidad importante de plásticos seguirá ocupando de los sitios de disposición final-rellenos sanitarios o vertederos controlados. Es importante conocer el efecto que tales plásticos, diseñados para degradarse en ambientes aerobios ocasionaran en la matriz de un relleno sanitario. Dado que se desconoce si contribuirán con la generación de gases de efecto invernadero, el objetivo de esta investigación fue –como un primer paso- establecer una metodología basada en la Norma ASTM D-5526 (1) “*Test Method for Determining Anaerobic Degradation of Plastic Materials Under Accelerated Landfill Conditions*” para conocer el potencial de generación de biogás y CH₄ por plásticos comerciales declarados biodegradables.

2. Desarrollo

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 de alta y baja tasa*. Se montaron 2 digestores anaerobios de sustrato sólido (DASS) usando 300 g de excreta vacuna fresca, 300 g de suelo de jardín de 50 cm de profundidad, y 300 ml de lodos de digestor anaerobio de flujo ascendente (RAFA), procedentes de la planta tratadora de aguas residuales de Quiroga, Mich. Adicionalmente se montó un digestor anaerobio de baja tasa usando 1 litro de lixiviado de relleno sanitario (DAL), 150 g de DASS y 150 ml de lodos de RAFA. Todos los digestores se incubaron a 35°C y se alimentaron una vez por semana 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) y plástico composteable (PCO). Todos los plásticos fueron cortados manualmente hasta obtener un tamaño de partícula ≤ 1 cm.

2.2. Pruebas de digestión anaerobia

- *Prueba de actividad metanogénica específica (AME) aceticlástica*. Se usaron botellas de vidrio (250 ml), a las que se les añadió 2 g de plástico composteable, 2.6 g de acetato de sodio y 100 ml de DAL. Las botellas se sellaron con tapones Suba-seal® y se sometieron a desplazamiento del oxígeno por N₂. La prueba AME duró 24 h, cada vez que se tomó muestra de biogás las botellas se sometieron nuevamente a desplazamiento del biogás generado usando N₂ libre de oxígeno, la prueba se corrió usando triplicados. Se usaron controles activos (sin plástico) y pasivos (sin acetato

de sodio y otro con agua destilada y plástico.

-Estudio de biodegradabilidad. Se montaron botellas de vidrio (200 ml) que contenían residuos pretratados, inóculo metanogénico, plástico y 100 ml de agua destilada para obtener en total 10 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 30 días, usando triplicados para caso.

El estudio consistió en identificar las proporciones de los componentes que rindieran el mayor porcentaje de biogás y CH₄. Primeramente se estudió el % de inóculo metanogénico a utilizar probando con 20, 40 y 60 % de inóculo, 15 % de plástico convencional y el complemento correspondiente de RAP (control consistente de agua, plástico y RAP). Después; se analizó la proporción de plástico usando el mejor resultado obtenido de inóculo y proporciones de 10, 20 y 30% de plástico composteable. Finalmente con los datos obtenidos se corrió una prueba de biodegradabilidad para cada uno de los plásticos PCV, POX y PCO. 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 90, 200 y 210°C, respectivamente.

3. Resultados y Discusión

El estudio de la biodegradabilidad anaerobia de plásticos requiere primeramente de la estandarización de una técnica para probarla. La Norma ASTM D-5526 sugiere estudiar la degradación en un relleno sanitario acelerado, usando residuos alimenticios pretratados de manera aerobia, un inóculo metanogénico y el plástico, aunque no clarifica las proporciones de los componentes propuestos. Este trabajo inició con el estudio de la proporción de inóculo metanogénico (Figura 1) usando plástico convencional. Los resultados sugieren que el uso de 20, 40 o 60% es indistinto; por lo que se sugiere el uso de 20% de inóculo. Los resultados del control enfatizan la importancia de la adición de un inóculo en estado francamente metanogénico.

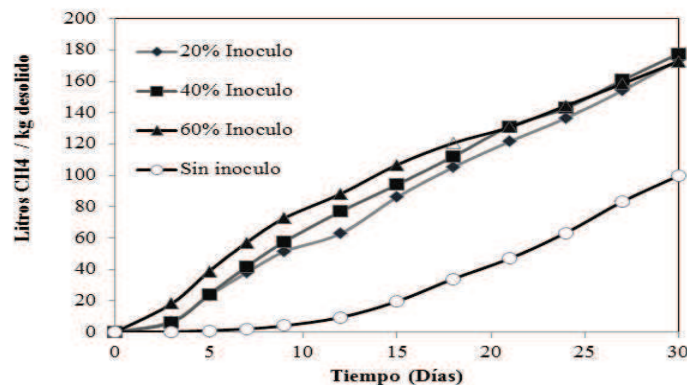


Figura 1, Dinámica de la generación acumulada de CH_4 con distintas proporciones de inóculo metanogénico empleando plástico convencional y 20% de inóculo.

Por otro lado, el estudio de la proporción de plástico (Figura 2) reveló que el uso de plástico en 10% de proporción permitió la mayor generación de CH_4 , el análisis estadístico (Tukey's test) señala que la diferencia es significativa frente al resto de las proporciones de plástico. En las condiciones desarrolladas para las pruebas de biodegradabilidad, aparentemente los RAP no representan una contribución significativa para el acumulado de metano. El mayor rendimiento de metano recayó en la menor proporción de plástico composteable, es posible que esto se deba a que las bacterias puedan metabolizar cantidades limitadas del plástico composteable.

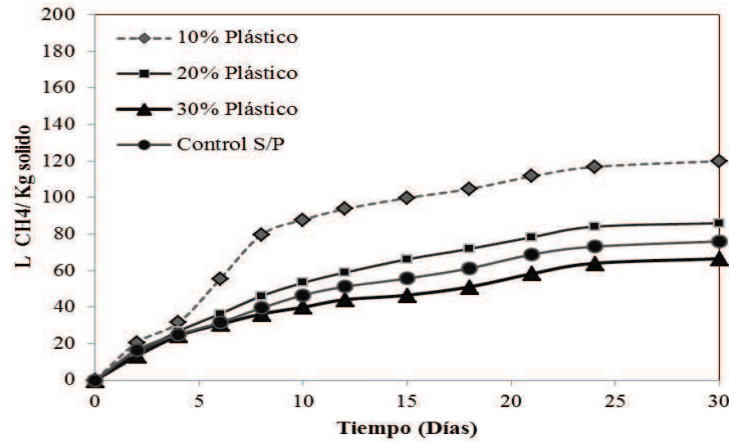


Figura 2, Dinámica de la generación acumulada de CH_4 con distintas proporciones de plástico composteable. Cada punto representa el promedio de 3 réplicas, todos los experimentos usaron 20% de inóculo

Una vez establecidas las proporciones de 20% de inóculo y 10% de plástico, se procedió a estudiar la biodegradabilidad anaerobia de los distintos plásticos. La Figura 3 muestra los resultados obtenidos, en donde la generación de metano no presentó diferencias significativas ni por tipo de plástico ni con el control, que no contenía 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.

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 [2] 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 . Algunos reporten indican que el poli 3-hidroxi butirato (PHB) puede degradarse en

lodos residuales tras 37 días hasta en 70% [4]. Los resultados significan que existen aún algunos factores que deberán tomarse en cuenta para la prueba, como el tiempo de incubación.

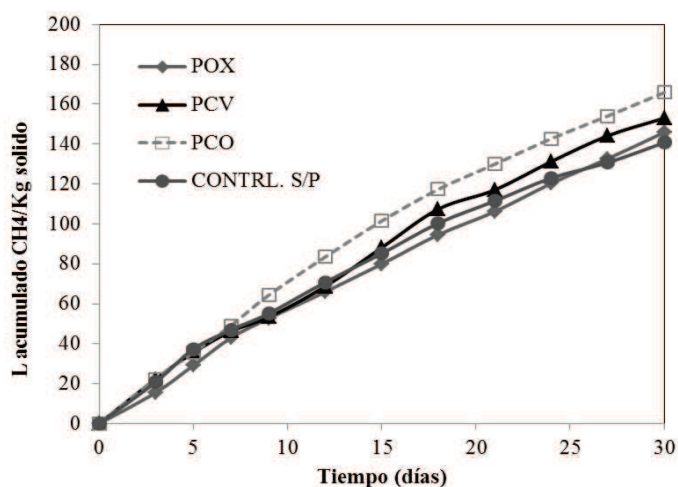


Figura 3, Dinámica de la generación acumulada de CH₄ por diferentes plásticos. Cada punto representa el promedio de 3 réplicas

Finalmente, se realizó el estudio de la actividad metanogénica específica o prueba AME, la cual tiene como objetivo monitorear el desempeño de diferentes grupos fisiológicos involucrados en el proceso terminal de digestión anaerobia (6). En este caso se estudió la AME del grupo acetilclástico. De manera rutinaria, la AME se estudia con biomasa de gránulos de lodos residuales (7), en esta investigación se usó lixiviado de relleno sanitario para la prueba. En este caso, la biodegradación de plástico composteable, en una prueba de corto plazo (24 hrs) resultó en la generación acumulada de 27 ml de CH₄/g de material sólido, siendo la mayor generación comparada con los controles (17 y 4 ml CH₄/g material sólido). Esto significa que, en un medio de lixiviado en estado francamente metanogénico adicionado con acetato, el plástico composteable estuvo sujeto a un proceso de biodegradación generando CH₄.

4. Conclusiones

La adaptación de la norma ASTM D5526 para estudiar plásticos degradables en México identificó algunas de las variables necesarias en la metodología, aunque aún hace falta estudiar otras variables como el tiempo y/o temperatura de incubación. Los resultados sugieren la posibilidad de la biodegradación de plásticos haciendo uso de lixiviado de relleno sanitario, lo cual abre varias posibilidades de investigación.

Agradecimientos

Se agradece el generoso financiamiento de la Coordinación de la Investigación Científica (CIC) de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo para el desarrollo de este trabajo mediante el programa de investigación 2012-2013.

Referencias Bibliográficas

1. **D5526-94d**, ASTM. Determine anaerobic biodegradation of plastic materials under accelerated landfill conditions. 2002.
2. **D5988**, ASTM. Standard test methods for determining aerobic biodegradation in soil of plastic materials or residual plastic materials after composting. 2003.
3. **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.
4. *Biodegradability of Poly(3-hydroxybutyrate) blended with poly(ethylene-co-vinyl acetate)*. **Kim, M.N., Lee, A., Lee, K., Chin, I., Yoon, J.** 6, 1999, Vol. 35, págs. 1153-1158.
5. *Biodegradability of biodegradable/degradable plastic materials under aerobic and anaerobic conditions*. **Mohee, R., Unmar, G.D., Mudhoo, A., Khadoo, P.** 2008, Waste Management, Vol. 28, págs. 1624-1629.
6. *Influence of incubation conditions on the specific methanogenic activity test*. **Souto TF, Aquino SF, Silva SQ, Chernicharo CA.** 3, 2010, Biodegradation, Vol. 21, págs. 411-424.
7. *Methanogenic activities in anaerobic membrane bioreactors (AnMBR) treating synthetic municipal wastewater*. **Ho, J., Sung, S.** 2010, Bioresource Technology , Vol. 101, págs. 2191–2196.

Simulación en Aspen Plus de la extracción de aceite esencial de cáscara de naranja residual

¹José Ramón Ayala Bautista, ¹Gisela Montero Alpírez, ¹Laura Pérez Pelayo, ¹Marcos Coronado Ortega, ^{1,2}Conrado García González, ¹Jesús Cerezo Román

¹Instituto de Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Ingeniería. Blvd. Benito Juárez y Calle de la Normal S/N, Col. Insurgentes Este C.P. 21280, Mexicali, B.C., México, gmontero@uabc.edu.mx

²Instituto Tecnológico de Mexicali. Academia de Química y Bioquímica, av. Tecnológico S/N, Col. Elías Calles, C.P. 21396, Mexicali, B.C.

Resumen

Uno de los cultivos más importantes a nivel mundial son los cítricos. México aportó en 2011 el 5.86% de la producción mundial de naranja, generando aproximadamente un millón de toneladas de residuales de naranja. Este residuo puede ser utilizado como materia prima para la generación de bioetanol de tercera generación. Sin embargo, antes de realizar una fermentación, es necesario retirar el limoneno de las cáscaras, pues es inhibidor de la actividad microbiana. Por ello, se desarrolló una simulación en Aspen Plus®, utilizando cáscara de naranja residual como materia prima. Posteriormente, se efectuó una serie de experimentos a nivel laboratorio, de este proceso de extracción. La extracción ocurre mediante una hidrodestilación, técnica que requiere de servicios auxiliares como calentamiento de agua, un condensador del producto aceite esencial-solvente, y finalmente, un decantador a condiciones ambientales para separar el producto deseado. Se describen el diagrama del proceso, y las características de cada uno de los módulos de trabajo. Debido a la naturaleza del proceso de extracción, se realizaron dos modelos de equivalencia, uno para la cáscara de naranja y el segundo para el aceite esencial. Se presentan también, las bases de la simulación en relación con los compuestos representativos del material procesado, teniendo una producción de 72.134 g de aceite esencial equivalente a un rendimiento del 4.5% w/w. Se discuten los resultados obtenidos tanto en la simulación, como en la experimentación a nivel laboratorio, de la extracción y caracterización del aceite esencial de naranja. El índice energético se estimó en 70.5 W/g de aceite esencial producido, cuyo valor en el mercado es de 70 dólares/kg.

Palabras Clave: *Citrus Sinensis*, Hidrodestilación, Limoneno, Terpenos

1. Introducción

La naranja (*citrus sinensis*) es un cultivo esférico con un sabor ligeramente ácido. Los cítricos forman parte de los cultivos más abundantes del mundo, con una producción cercana a los 91 millones de toneladas en 2011 [1]. Una parte de los cultivos se procesa para la elaboración de jugos envasados así como otros alimentos, en ellos se incluyen naranja, limón, y toronja. Al final del proceso, las semillas y cáscaras terminan como residuos [2]. A estos residuos de cítricos se les atribuye una producción anual de 15.5 millones de toneladas en 2011 [1].

En el 2011, México generó 4.079 millones de toneladas de naranja, esto representa el 5.86% de la producción mundial [1], de donde el residuo puede utilizarse para la producción de aceite esencial y bioetanol [2]. En ese mismo año, México importó mensualmente el orden de 7 millones de dólares destinados a la obtención de aceite esencial de cítricos [3]. Los aceites esenciales son una

combinación de terpenos generados a partir de las plantas como metabolitos secundarios, por lo que no son indispensables para su funcionamiento [4]. El terpeno con mayor contribución en el aceite esencial de cáscara de naranja es el limoneno, cuyas concentraciones oscilan alrededor de un 90% (w/w) [5], [6]. Además del limoneno, existen otros terpenos con menor contribución en el aceite esencial, los cuales se ubican en la cáscara de la naranja [5], [6]. La utilización de residuos de cítricos para la producción de bioetanol, implica un paso extra en el pretratamiento de la materia prima. El limoneno actúa como un inhibidor de actividad microbiana, por lo que es necesario retirarlo antes de realizar etapas posteriores [7]. Un método para extraer aceite esencial es la hidrodestilación, la cual combina el material vegetal con agua a manera de caldo, donde se produce vapor rico en aceite esencial, éste después se condensa, posteriormente, se decanta a temperatura ambiente y finalmente se separa por diferencia de densidades [8].

2. Desarrollo

Para la producción de bioetanol a partir de residuos de cítricos es necesario efectuar una serie de pasos. Comenzando por un pretratamiento, cuya finalidad es reducir el tamaño de partícula y aumentar el área de contacto, para que el proceso sea más eficiente. A continuación, se lleva a cabo la etapa de generación de azúcares donde, por medio de una fermentación, se obtiene el bioetanol. Finalmente, se realiza la purificación hasta el valor deseado [7]. En la Figura 1 se presenta el diagrama de flujo general, la sección delimitada representa el proceso de extracción de aceite esencial, la cual se evaluó en Aspen Plus®.

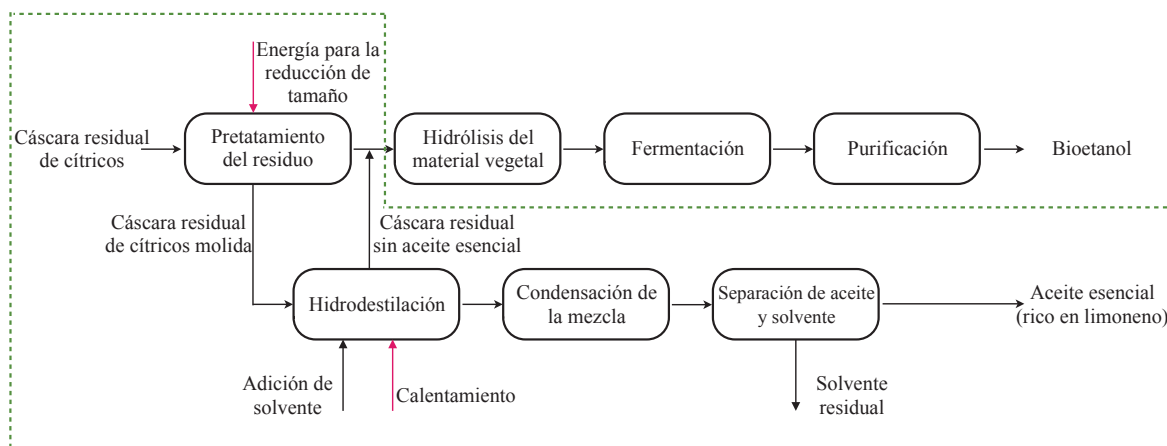


Figura. 1. Esquema de un proceso para la extracción de aceite esencial de cítricos por hidrodestilación.

Por la naturaleza de este proceso, se consideró un sistema de tipo polar, no electrolítico, con una presión de operación menor a 10 bar (159.7 psia). Bajo estas características lo adecuado es utilizar el modelo NRTL (Non Random Two Liquids), aunque los modelos WILSON y UNIQUAC también son recomendados [8]. Los módulos de trabajo en Aspen Plus® son operaciones unitarias básicas. En el caso de la hidrodestilación, no existe un módulo que simule la operación de evaporación como tal [8]; sin embargo, es posible estructurar esta operación utilizando los módulos existentes. En el presente trabajo, se definieron sub-corrientes de tipo sólido para los componentes de la cáscara de naranja. Además, la hoja de trabajo global se adecuó para trabajar con sólidos sin tamaño de partícula definido, así como la presencia de agua libre en algunas operaciones, como es el caso del decantador. La simulación incluyó operaciones de separación, intercambio de calor a contracorriente y decantación [8].

2.1. Modelos de equivalencia

Una de las características de los aceites esenciales, es que la composición del aceite varía según la calidad del material vegetal, ésta a su vez puede variar dependiendo del suelo agrícola utilizado, el clima, la estación del año y la especie del cultivo. Es así que el aceite esencial de cáscara de naranja tendrá diferentes composiciones según el país donde se genere. Países de Latino América como Colombia [5] y Venezuela [6] presentan concentraciones por arriba del 90% w/w de limoneno, mientras que en Europa, se pueden encontrar concentraciones desde el 71% w/w en Alemania [9] hasta el 96% w/w en Grecia [10]. Esta mezcla presenta ciertos compuestos en común, por mencionar algunos están: α -pineno 0.3-6; β -pineno 0.04-0.2; mirceno 0.9-1.6; canfeno 0.02-1.6; sabineno 0.42; linalol 0.19-0.42; octanal 0.07-0.2, todos expresados en porcentaje en peso w/w [11]. Asimismo, la composición de la cáscara es diversa y depende de los mismos factores a los cuales se encuentra sometido el aceite esencial [12]. En la Tabla 1, se presentan los grupos, genéricamente, más representativos que constituyen la cáscara.

Tabla 1, Composición de la cáscara de naranja

Composición real de la cáscara de naranja		Modelo para la composición de la cáscara de naranja	
Compuesto	Composición % (w/w)	Compuesto	Composición % (w/w)
Azúcar	16.9	Azúcar	16.9
Almidón	3.75	Glucosa	66.8
Celulosa	9.21		
Hemicelulosa	10.5		
Lignina	0.84		
Pectinas	42.5		
Cenizas	3.5	Cenizas	3.5
Grasas	1.5	Grasas	1.5
Proteína	6.5	Proteína	6.5
Aceite esencial	4.8	Aceite esencial	4.8
Total	100	Total	100

Aun cuando la base de datos de Aspen Plus® es muy extensa, no se encuentran modelos para materiales orgánicos como la cáscara de naranja. En este caso, se elaboró un segundo modelo de equivalencia. Se sustituyó la columna 1 de la Tabla 1, por los compuestos con mayor probabilidad de encontrarse en la cáscara de naranja, así como el porcentaje de su contribución. El porcentaje de 4.8% en peso del aceite esencial se encuentra dividido en: limoneno (4.5467%); canfeno (0.0464%); α -pineno (0.0232%); β -pineno (0.0077%) y mirceno (0.0774%).

3. Resultados

La Figura 2 muestra el diagrama de la simulación de aceite esencial, el cual incluye las corrientes y equipos seleccionados. Se adicionan al diagrama los flujos por hora de las corrientes, mientras que en la Tabla 2 se presentan las fracciones másicas de las mismas. Al molino entran 1.5 kg/h de cáscara de naranja, se utiliza agua para disminuir la viscosidad de la mezcla. El fluido resultante entra a un tanque donde ocurre la hidrodestilación a condiciones de 106^oC y 1 atm de presión. La fase más pesada se envía a una etapa de hidrólisis con la cual se pretende producir bioetanol. La fase ligera, es decir el vapor cuya temperatura de salida es 106^oC se puede considerar como vapor saturado, el cual se enfría con una corriente de agua a 25^oC y flujo de 500 kg/h. Lo anterior causa que el vapor se condense en forma de un líquido comprimido a 35.72^oC. Este líquido se decanta a temperatura de 25^oC y presión de 1 atm, separando una corriente de 72.134 g/h de aceite esencial. La potencia del molino se estima en 200 kWh por tonelada producida equivalentes a 0.3 kW para este proceso. La potencia suministrada al tanque de hidrodestilación presenta un valor de 4.79 kW, mientras que la potencia de trabajo en el intercambiador de calor es 4.25 kW. Es necesario retirar una pequeña porción de potencia en el decantador, calculada en 0.07 kW, para reducir la temperatura hasta los 25^oC. La concentración de limoneno en el material biomásico es de 4.64% w/w, la cual se reduce a 1.14% w/w en el vapor enviado al condensador. Cuando se separa el aceite esencial del agua, la concentración de limoneno alcanza su valor máximo de 96.59% w/w.

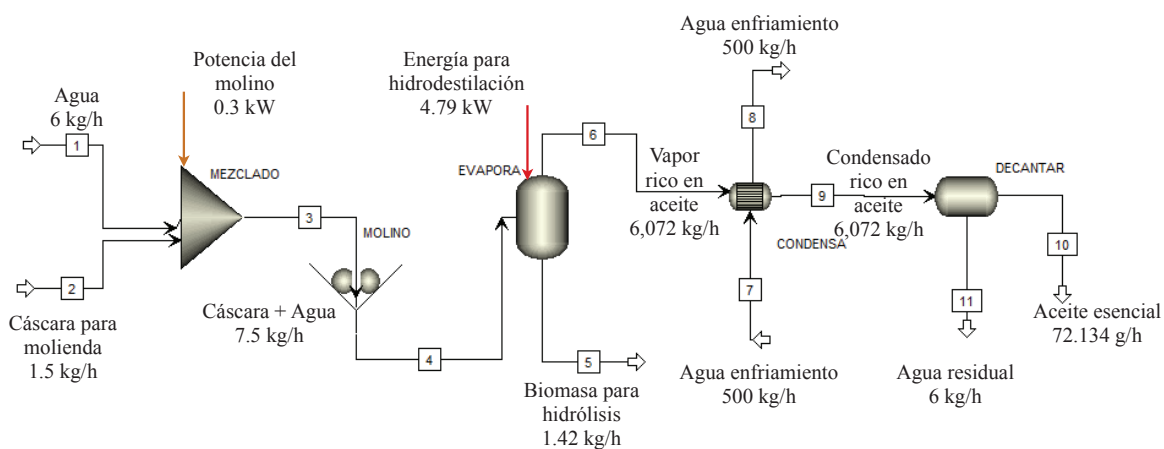


Figura. 2. Simulación para la hidrodestilación de cáscara de naranja.

Las composiciones másicas de las corrientes más importantes se enlistan en la Tabla 2. Se puede observar que, en la corriente *Cáscara para molienda*, se tienen porcentajes de todos los compuestos a excepción de agua. Conforme avanza el proceso, se aprecia como el porcentaje de limoneno va cambiando hasta que en el aceite esencial llega a concentraciones del 96.59% w/w. La caracterización de aceite esencial de naranja, por FT-IR y Cromatografía de gases, muestran una concentración de limoneno del 96% w/w, muy similar a la obtenida en la simulación.

Tabla 2, Fracciones másicas de las corrientes en la simulación

Compuesto	Fracción masa w/w (%)				
	Cáscara para molienda	Condensador rico en aceite	Aceite esencial	Biomasa para hidrólisis	Vapor rico en aceite
Agua	0.000	98.814	0.186	0.000	98.814
Limoneno	4.645	1.148	96.595	0.000	1.148
Canfeno	0.046	0.011	0.966	0.000	0.011
α -pineno	0.023	0.006	0.482	0.000	0.006
β -pineno	0.008	0.002	0.161	0.000	0.002
Mirceno	0.077	0.019	1.610	0.000	0.019
Glucosa	66.800	0.000	0.000	70.168	0.000
Sacarosa	16.900	0.000	0.000	17.752	0.000
Ceniza	3.500	0.000	0.000	3.676	0.000
Vitamina C	1.500	0.000	0.000	1.576	0.000
Lisina	6.500	0.000	0.000	6.828	0.000

Conforme la cantidad de solvente en contacto con el material vegetal aumenta, varía considerablemente la producción de aceite esencial, hasta alcanzar un valor máximo. A una cantidad de 0.4 l de solvente se obtiene la producción máxima de 72.134 g/h de aceite esencial, sin importar cuanto solvente más se adicione, ya que la cantidad permanecerá constante. El condensador operará de acuerdo a un flujo óptimo de agua de enfriamiento. Se espera que en la salida, se obtenga un líquido comprimido de temperatura menor a los 50°C. Lo anterior puede lograrse usando un flujo de 8.33 l/min de agua, lo cual producirá una salida de 35.72°C.

4. Conclusiones

Se realizó una simulación del proceso de extracción de aceite esencial por hidrodestilación. Se encontró que es posible producir 72.134 g/h de aceite esencial bajo las condiciones mostradas. El índice de producción para esta operación se estimó en 70.5 W/g de aceite generado. Asimismo, se efectuó experimentación y con base en los resultados, se calculó este mismo índice, a nivel laboratorio, resultando en 55 W/g. Tales resultados equivalen a una producción cercana a los 68.67 g/h, correspondiente al 4.8% de diferencia en rendimiento con respecto al simulado. La concentración de limoneno en el aceite esencial resulta similar, tanto para la simulación como a nivel laboratorio, con valores por encima del 96% w/w. Lo anterior puede dar la pauta para un escalamiento a planta piloto o industrial.

A escala industrial, la extracción de aceite esencial reporta rendimientos de alrededor del 2%. Ello sugiere una buena oportunidad de explorar este proceso. Desde el punto de vista económico, la extracción de aceite esencial a nivel industrial es rentable bajo otros procesos. Una recomendación es explorar su extracción por hidrodestilación acoplada a la generación de bioetanol pues se obtienen dos productos comerciales. Para efectuar tal proceso, es necesario controlar las variables que la simulación indica como más importantes: la cantidad de agua dentro del equipo de ebullición, la temperatura en la corriente de salida del condensador y el lugar de origen del residuo de cáscara de naranja, pues el contenido de limoneno es variable.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo de CONACYT y el Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California para la realización del presente trabajo.

Referencias Bibliográficas

- [1] FAOSTAT. Marzo de 2013. <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=567&lang=es#ancor>.
- [2] Lohrasbi, M. Pourbafrani, M. Niklasson, C. Taherzadeh, M J. "Process design and economic analysis of citrus waste biorefinery with biofuels and limonene as products". *Bioresource Technology*. Vol. 101. 2010. pp. 7382-7388.
- [3] INEGI. 30 de Octubre de 2011. <http://dgcnesyp.inegi.org.mx/cgi-win/bdieintsi.exe/NIVR55037001560300#ARBOL>.
- [4] Espina, L. Somolinos, M. Loran, S. Conchello, P. Garcia, D. Pagan, R. "Chemical composition of commercial citrus fruit essential oils and evaluation of their antimicrobial activity acting alone or in combined processes". *Food Control*. Vol. 22. 2011. pp. 896-902.
- [5] Yañez, R X. Lugo, M L. Parada, P D. "Estudio del aceite esencial de la cascara de naranja dulce (citrus sinensis, variedad valenciana) cultivada en labateca (Norte de Santander Colombia) Bistua". *Revista de la facultad de Ciencias Básicas*. Vol. 5(1). 2007. pp. 3-8.
- [6] Ojeda, G. Ysambertt, F. Sulvaran de Ferrer, B. Cabrera, L. "Volatile fraction composition of Veneluezan sweet orange essential oil (Citrus sinensis (L.) Osbeck)". *Ciencia*. Vol. 11(1). 2003. pp. 55-60.
- [7] Mustafa, B. "Production of bioethanol from lignocellulosic materials via the biochemical pathway: A review". *Energy Conversion and Management*. Vol. 52. 2011. pp. 858-875.
- [8] Friso, D. Grigolato, S. Cavalli, R. "Energetic and Exergetic analysis of steam production for the extraction of coniferous essential oil". *Biomass and Bioenergy*. Vol. 35. 2011. pp. 4045-4056.
- [9] Schmidit, E. *Production of essential oil*. Can Baser, H. and Buchbauer, G. editors. Handbook of essential oils: Science, Technology and applications. 2010. CRC Press Taylor & Francis Group. Florida. pp 83-118.
- [10] Fisher A, Schieberle P (2009) Characterization of the key aroma compound in the peel oil of Pontianak oranges (Citrus nobilis Lour var microcarpa Hassk) by aroma reconstitution experiment. *Eur Food Res Technol* Vol 229. 2009. pp. 319-328.
- [11] Michaelakis A, Papachristos D, Kimbaris A, Koliopoulos G, Giatropoulos A, Moschos G (2009) PolissiouCitrus: Essential oil and four enantiomeric against culex pipiens (Diptera: Culicidae). *Parasitol Res* Vol. 105. 2009. pp. 769-773.
- [12] Torrado, A. Cortes, S. Salgado, J. Max, B. Rodriguez, N. Bibbins, B. Converti, A. "Citric and acid production from orange peel waste by solid-state fermentation". *Brazilian Journal of Microbiology*. Vol. 42. 2011. pp. 394-409.

Eliminación biológica de nitrógeno presente en los lixiviados generados en un sitio de disposición de residuos sólidos urbanos aplicando un reactor híbrido con biomasa en suspensión y fija

¹María Fernanda Pérez Bernal, Arodí Bernal Martínez, Germán Cuevas Rodríguez,

¹División de Ingenierías, Universidad de Guanajuato. Av. Juárez No. 77; Zona Centro; C.P. 36000; Guanajuato, Guanajuato, México. (E-mail: mf.perezbernal@ugto.mx)

Resumen

El crecimiento demográfico y la modificación de las actividades productivas han rebasado la capacidad del ambiente para asimilar la cantidad de residuos que genera la sociedad. La disposición de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en un sitio no controlado, controlado o en un relleno sanitario es una práctica muy común, sin embargo la percolación de lluvias, las reacciones fisicoquímicas y bioquímicas y el contenido de humedad de estos residuos, contribuyen a la formación de lixiviados. Los lixiviados son considerados uno de los tipos de agua residual con mayor impacto ambiental, una de las razones principales es su alto contenido de nitrógeno. El objetivo de la investigación fue evaluar la tratabilidad de los lixiviados provenientes del sitio de disposición final de RSU de la ciudad de Guanajuato aplicando un sistema biológico. El sistema está conformado por un reactor anóxico y un aerobio con medios móviles para la remoción de nitrógeno mediante nitrificación-desnitrificación. El volumen total fue 50 litros y el medio de soporte fue el Kaldnes®, K1; con área superficial de 2.92 m². El sistema se alimentó con una mezcla lixiviado-agua residual al 5%, manteniendo una carga orgánica de 0.43 a 0.6 Kg DQO/m³·día y TRH de 10 días durante 135 días y los resultados obtenidos muestran remociones de N_{Total} y N-NH₃ de 67% y 97% respectivamente, además de DBO, DQO, SST y P_{total} de 95%, 50%, 90% y 83% respectivamente.

Palabras clave: *Nitrificación-desnitrificación, Lodos activados, Biopelículas*

1. Introducción

Los lixiviados se definen como el efluente acuoso generado como consecuencia de la percolación del agua de lluvia a través de residuos, la cual arrastra el agua liberada de la descomposición de los mismos, así como materiales presentes en el medio. Se caracteriza por contener altas cantidades de materia orgánica (principalmente ácidos húmicos), así como nitrógeno, metales pesados, compuestos orgánicos clorados y sales inorgánicas, entre otros [1]. Hay una creciente preocupación por el tratamiento de los lixiviados debido al gran impacto que éstos tienen en el medio circundante. Ya que la descarga de lixiviado crudo en un cuerpo de agua superficial acelera el crecimiento de algas por su alto contenido de nutrientes, lo cual reduce el oxígeno disuelto en los cauces de agua, y causa efectos tóxicos en la vida acuática circundante [2].

Los tratamientos más comúnmente usados se basan en proceso fisicoquímicos o biológicos o bien la combinación de éstos para lograr mejores resultados, sin embargo los métodos biológicos son preferibles debido a su sustentabilidad. Una alternativa en los sistemas de lodos activados es la utilización de un sistema biológico de alta capacidad como los bioreactores híbridos en los cuales la biomasa suspendida y fija crece simultáneamente en el mismo sistema. Un pequeño medio suspendido es usado frecuentemente como soporte para el desarrollo de la biopelícula,

incrementando la concentración de biomasa en el reactor. Por otra parte el tiempo de retención de sólidos (TRS) es mayor para la biomasa adherida que para los flocs en suspensión. Esto hace posible el crecimiento de microorganismos nitrificantes preferentemente adheridos al soporte [3].

2. Materiales y métodos

2.1. Sistema experimental

En la figura 1 se muestra la configuración del sistema, el cual se encuentra conformado por: un tanque anóxico (18 L) agitado donde se alimentó la mezcla de lixiviados-agua residual (1); posteriormente la mezcla pasa al reactor aerobio (32 L) con los medios de soporte (2) y con un difusor de aire (3), para la nitrificación y oxidación de la materia orgánica; una bomba peristáltica (4) para recircular al reactor anóxico y permitir la desnitrificación; finalmente el efluente se extrajo del reactor aerobio (5), para realizar las pruebas de calidad.

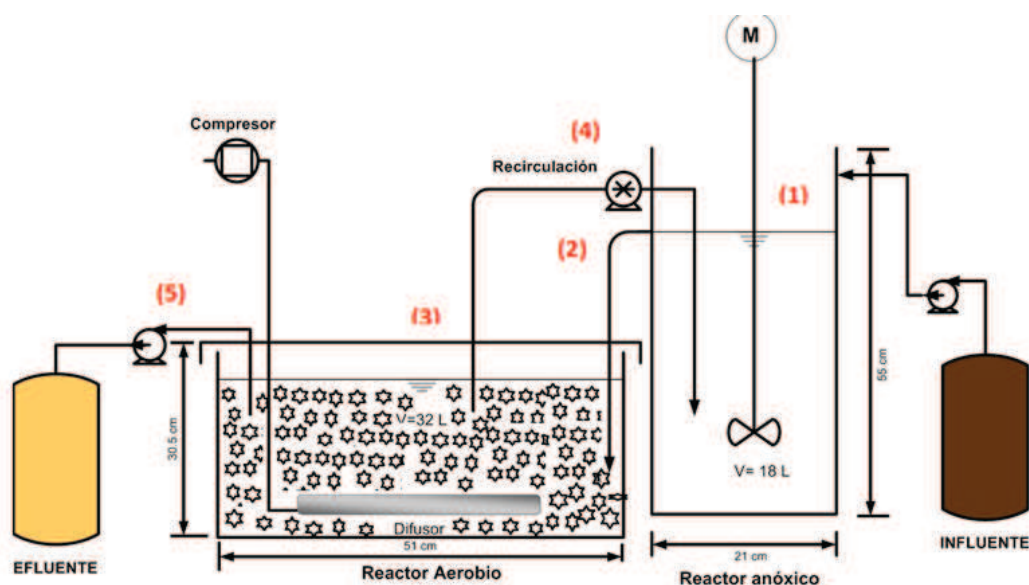


Figura 1. Sistema experimental

2.2. Medios de soporte

Los medios de soporte se incorporaron para tener mayor área de crecimiento de biomasa y desarrollo de zonas aerobias-anóxicas y así favorecer el proceso de nitrificación-desnitrificación. Se emplearon 4935 medios de soporte (Kaldnes®, K1) con un área superficial total aproximada de 2.92 m².

2.3. Inoculo y arranque del proceso.

El inoculo para el arranque del proceso fue recolectado de la planta de lodos activados para el tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Guanajuato. Durante el arranque se inocularon lodos en los reactores para tener una concentración inicial de biomasa de 3,000 mg/L de SSV. El sistema se alimentó con una mezcla agua residual/lixiviado (5%) ya que el lixiviado crudo es imposible de tratar por las características fisicoquímicas que este presenta.

2.4. Características del agua residual y lixiviados.

El agua residual para la mezcla utilizada fue agua residual doméstica cruda recolectada después del pretratamiento (Desarenador-Tamiz estático) en la misma planta donde se recolectó el inóculo. Las características principales de esta agua residual fueron: 550 mg/L de DQO_{Total}, 49 mg/L de N_{Total} y 7.1 mg/l P_{Total}. Los lixiviados fueron colectados en el sitio de disposición final de RSU de la Ciudad de Guanajuato. Las características principales del lixiviado se pueden observar en la tabla 1.

Tabla 1. Caracterización de lixiviado

Parámetro	Concentración	Parámetro	Concentración
Sólidos Totales (ST)	100.94 g/L	Alcalinidad	3.41 g/L CaCO ₃
Sólido Volátiles totales (SVT)	33.97 g/L	COT	31,000 mg/L C
Sólido Fijos totales (SFT)	66.97 g/L	DQO total	85,000 mg/L O ₂
Sólidos suspendidos (SST)	10.64 g/L	DQO soluble	75,000 mg/L O ₂
Conductividad	111,000 µS/cm	Nitrógeno total	3350 mg/L N
pH	8.4	Nitrógeno amoniacal	265 mg/L N-NH ₃
Color	283,750 U. Pt-Co	Fósforo total	545 mg/L PO ₄ ³⁻

2.5. Condiciones de operación

El sistema se alimentó de manera continua con una mezcla lixiviados-agua residual al 5% y se operó así durante 135 días. El caudal de alimentación (Q) fue de 5 L/día y se recirculó con una tasa de 10Q. El tiempo de retención hidráulico (TRH) fue de 10 días. La carga orgánica volumétrica fue de 0.55 ±0.1 KgDQO/m³*día. Los puntos de muestreo fueron: Influyente (mezcla agua residual/lixiviado), efluente (salida del reactor aerobio). La temperatura promedio fue de 19.8 ±1.8 °C, pH promedio de 8.2±0.3 y 8±0.3 en el reactor anóxico y aerobio respectivamente, mientras que las concentraciones de oxígeno disuelto fueron de 3.4±0.6 y 0.2±0.3 en el reactor aerobio y anóxico respectivamente.

2.6. Métodos analíticos

Los parámetros analizados fueron N-NH₄, Ntotal, DQO, DBO₅, O₂ y Temperatura. Los análisis fueron desarrollados a través de los métodos de Hach y los métodos normalizados para el análisis de agua y aguas residuales [4]. La demanda biológica de oxígeno (DBO₅) se determinó con las botellas OxiTop®. El oxígeno disuelto y temperatura con el Hach sensION6 Dissolved Oxygen y el pH con el 350 pH meter Jenway.

3. Resultados

Después de las 2 semanas de aclimatación con agua residual doméstica se alimentó el sistema durante 135 días continuos con la mezcla de lixiviados agua residual.

3.1. Remoción de materia orgánica

DQO total y soluble. Las remociones de DQO total y soluble se muestran en la figura 2 y 3 respectivamente, las concentraciones de DQO total en el influente fluctuaron entre 4350 y 6960 mg/L O₂ y en el efluente de 4300 a 3350 mg/L, la remoción de DQO total se empezó a dar en la 3er semana y se incrementó paulatinamente hasta lograrse un 50% de remoción. No hubo diferencia notoria entre las concentraciones de DQO total y soluble, lo cual indica poca cantidad de materia

orgánica y en cambio gran concentración de sales y otros compuestos recalcitrantes. La remoción de DQO soluble resultó baja, las diferencias en el influente y efluente son poco notorias y no se nota una tendencia clara en cuando a los porcentajes de remoción logrados, al final de la experimentación sólo se logró un 13 ± 8 % de remoción. A partir de la semana 10 se evaluó la concentración de DBO y se encontraron valores de DBO en el influente de 1150 mg/L O_2 y de 60 mg/L O_2 en el efluente lo que indica un 97 ± 2 % de remoción

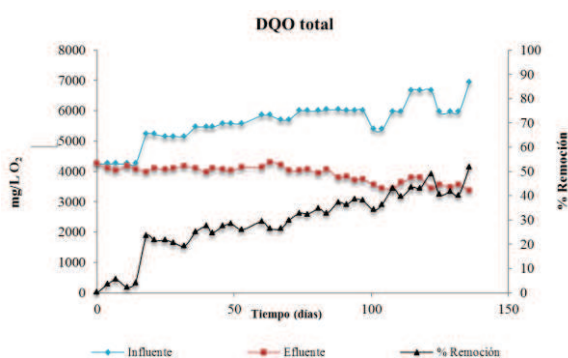


Figura 2. Remoción de DQO total

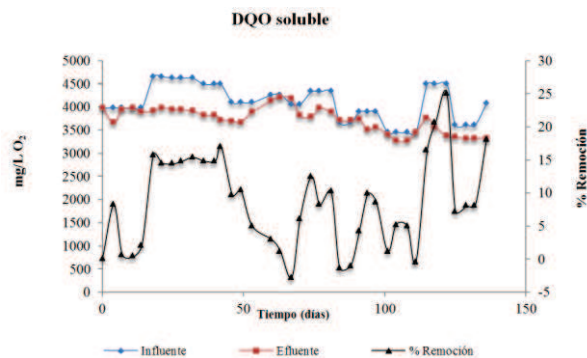


Figura 3. Remoción de DQO soluble

La relación DBO/DQO fue de 0.18 lo cual indica una muy baja biodegradabilidad. Los tratamientos convencionales con relaciones de DBO/DQO pequeñas que van de 0.2-0.3, requieren de largos tiempos de retención hidráulica [5], de 25 a 45 días para alcanzar remociones de DQO de alrededor de 63%.

3.2. Eliminación de compuestos nitrogenados

La configuración Ludzack-Ettinger modificado [6] y la incorporación de los medios de soporte para biopelículas se hicieron con el objeto de favorecer el proceso de eliminación biológica del nitrógeno.

Nitrógeno total. Los porcentajes de eliminación durante la mayor parte de la experimentación fueron bajos (19 y 14%), sin embargo a partir del día 74 se dieron incrementos significativos (fig. 4). Los lodos no fueron drenados, por lo cual el alto tiempo de retención de sólidos pudo favorecer el desarrollo de microorganismos desnitrificadores [5].

La tasa de desnitrificación se ve afectada directamente por la fuente de carbono [7], se ha reportado que con relaciones de $\text{DBO}_5/\text{N}=4.1$ se logran remociones de N de hasta un 80% mientras que con una relación de 0.5 la eliminación de N se ve drásticamente afectada [8] reduciéndose hasta un 36%. En esta investigación la relación promedio fue de 2.9 lográndose una remoción de 69%, sin embargo las concentraciones en el efluente aún son altas (185 mg/L N). La alta tasa de recirculación aplicada debido a las elevadas concentraciones de N, pudo afectar también el proceso de desnitrificación debido a la introducción de O_2 al reactor anóxico, se ha reportado que la capacidad de desnitrificación se reduce un 35 % cuando la concentración de OD en el reactor anóxico alcanza un valor de 0.09 mg/L [9], [10].

Nitrógeno amoniacal. La eliminación de nitrógeno amoniacal se dio de manera favorable casi desde el inicio del proceso. Las concentraciones en el influente variaron desde 26 a 50 mg/L N-NH₄, estas concentraciones no representaron problemas, puesto que la inhibición de la oxidación de amonio a nitrito se inicia con concentraciones de 150 mg/L N-NH₄⁺ [10], tampoco hubo caídas de pH. Las concentraciones logradas en el efluente variaron de 2 a 0.9 mg/L N-NH₄, con un porcentaje de remoción del 97%.

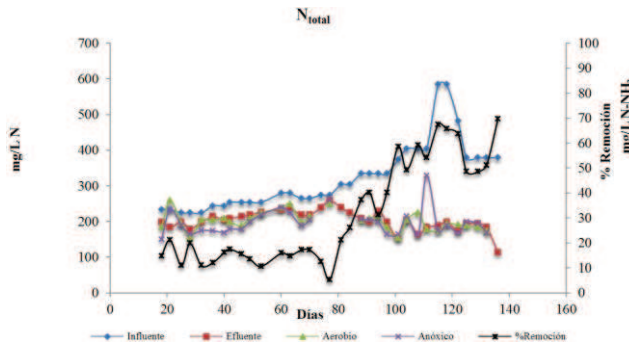


Figura 4. Eliminación de Nitrógeno total

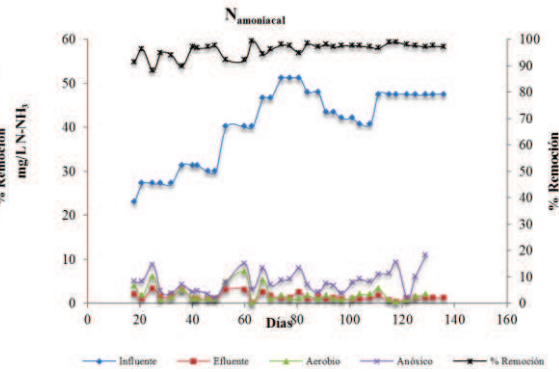


Figura 5. Eliminación de Nitrógeno amoniacal

3.3. Comparación de la calidad del efluente con los límites de la NOM-001-SEMARNAT-1996

En la tabla 2 se resumen las concentraciones medias de los parámetros de calidad evaluados al final del experimento, así como los límites que marca la normatividad mexicana.

Tabla 3. Comparación con los límites máximos permisibles de la NOM-001-SEMARNAT-1996.

Parámetro	Influente (media)	Efluente (media)	% Remoción (*)	NOM-001-SEMARNAT-1996.
DQO (mg/L O ₂)	5550 ±670	3949 ±244	50 ±3	N.A
DBO (mg/L O ₂)	990 ±152	35 ±22	97 ±2	200
N total (mg/L N)	297 ±99	205 ±26	62 ±5	60
N _{amoniacal} (mg/l NH ₃ -N)	39.7 ±8.8	1.5 ±0.9	98 ±1	N.A.
SST (mg/L)	1889 ±881	218 ±54	92 ±3	200
P total (mg/L P)	24.6 ±0.7	7 ±4	83 ±10	30

4. Conclusiones

La complejidad del lixiviado debida a su baja biodegradabilidad ($DBO/DQO=0.18$) representa un reto para obtener resultados favorables con solo un tratamiento biológico. Aunque fue posible el desarrollo de organismos nitrificantes, la eliminación de nitrógeno del lixiviado lograda no es suficiente para que sea vertido a un cuerpo receptor. La desnitrificación se vió posiblemente afectada por el O_2 aportado al reactor anóxico durante la recirculación. Aún así el nitrógeno amoniacal fue eliminado prácticamente en su totalidad. Los resultados obtenidos llevan a plantear la aplicación de un pretratamiento fisicoquímico para eliminar el color y otros compuestos recalcitrantes, además de la incorporación de un módulo de membranas de microfiltración para mejorar la calidad del efluente.

Referencias Bibliográficas

- [1] Renou S., Givaudan J.G., Poulain S., Dirassouyan F., Moulin P. (2008) “Landfill leachate treatment: Review and opportunity” *Journal of Hazardous Materials* No. 150, pp. 468–493.
- [2] Hasar H. (2009). “Comparing of an anaerobic MBR and an aerobic/Anoxic MBR in treating of leachate”. Conference Proceedings IWA MTC
- [3] Artiga P., Oyanedel V., Garrido J.M., Méndez R. (2005) “An innovative biofilm–suspended biomass hybrid membrane bioreactor for wastewater treatment”. *Desalination* 179 pp. 171–179
- [4] American Public Health Association, “Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater”, 1995. *American Public Health Association*, United States of America, Washington, DC 20005, 19th Edition pp. 2-53 - 2-58.
- [5] Ahmed F-N., Lan C-Q. (2012). “Treatment of landfill leachate using membrane bioreactors: A review” *Desalination* 287 pp. 41–54
- [6] Knobelsdorf, M.J., (2005). “Eliminación biológica de nutrientes en un ARU de baja carga orgánica mediante el proceso VIP”. Universidad Politécnica de Cataluña Sección de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Barcelona.
- [7] Torá J., Baeza J., Carrera J., Oleszkiewicz J. (2011). “Denitritation of a high-strength nitrite wastewater in a sequencing batch reactor using different organic carbon sources” *Chemical Engineering Journal* 172 pp. 994– 998
- [8] Wiszniowski J., Surmacz-Górska J., Robert D., Webe J.-V. (2007). “The effect of landfill leachate composition on organics and nitrogen removal in an activated sludge system with bentonite additive”. *Journal of Environmental Management* 85 pp. 59–68.
- [9] Oh, J. y Silverstein, J. (1999) “Oxygen inhibition of activated sludge denitrification”. *Water Research* 33, pp.1925-1937.
- [10] Carrera-Muyo, J. (2001) “Eliminación biológica de nitrógeno en un efluente con alta carga. Estudio de los parámetros del proceso y diseño de una depuradora industrial” Universitat Autònoma de Barcelona. Departament d'Enginyeria Química.

Extracción de aceite esencial de hojas de eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*) en Baja California

^{1,4}Conrado García González, ²Gisela Montero Alpírez, ²Marcos A. Coronado Ortega, ³Ana M. Vázquez Espinoza, ²Laura J. Pérez Pelayo, ²Ramón Ayala Bautista, ⁴Alejandro A. Lambert Arista, ¹M. Marcela Acosta Gómez

¹Instituto Tecnológico de Mexicali, Academia de Química y Bioquímica, Av. Tecnológico S/N, Col. Elías Calles, CP. 21396, Mexicali, B.C. cnrdgarcia@gmail.com

²Instituto de Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California, Blvd. Benito Juárez y calle de la Normal S/N, Col. Insurgentes Este, CP. 21280, Mexicali, B.C.

³Escuela de Ingeniería y Negocios, Universidad Autónoma de Baja California, Guadalupe Victoria, Carretera Estatal No. 3 Col. Gutiérrez, CP. 21720, Mexicali, B. C.

⁴Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California, Blvd. Benito Juárez S/N, Col. Insurgentes Este, CP. 21280, Mexicali, B.C.

Resumen

El aceite esencial es una mezcla de terpenos con olor característico de la especie vegetal de donde se extrae. Las hojas de eucalipto generadas por la actividad forestal, representan un recurso biomásico residual adecuado para la extracción de aceite esencial. Dicho recurso está disponible en Baja California, sin embargo, no es aprovechado. Su revalorización como materia prima para obtener aceite esencial, constituye un método sustentable para su disposición y permite reducir las emisiones de gases contaminantes asociadas a su combustión. Además, contribuye a la reducción de importaciones de aceite esencial a nivel nacional, que en el periodo 2003-2010, fueron de 369 toneladas anuales en promedio, con un precio a la alza de 7.69 dólares/kg en 2006 hasta alcanzar casi el doble en 2010. Este trabajo presenta los resultados de la operación de un extractor de aceite esencial con la técnica de arrastre de vapor, con el objetivo de determinar las condiciones en las cuales se obtiene mayor rendimiento. Para ello, se desarrolló un diseño de experimentos en el cual se estudió la influencia de los factores: presión de vapor, tiempo de operación y tamaño de partícula, sobre el rendimiento de aceite esencial extraído. El mayor rendimiento fue de 0.52% m/m, obtenido con un tiempo de operación de 80 min, vapor saturado a 30 psi y hoja de eucalipto entera. El aceite esencial obtenido fue analizado mediante un espectrómetro FT-IR Perkin Elmer para identificar sus compuestos principales, destacando el 1,8 cineol como el compuesto con mayor proporción en la mezcla.

Palabras Clave: *Biomasa residual, cineol, destilación por arrastre de vapor, diseño de experimentos, terpenos.*

1. Introducción

Los remanentes de las actividades agrícolas, industriales, ganaderas, forestales y en general de cualquier tipo que se desarrollen para satisfacer las necesidades humanas, son considerados sin valor ni utilidad, y por ello, comúnmente son clasificados como residuos.

Actualmente, el destino de la biomasa agrícola y forestal residual, como materia prima para su posterior transformación, se encuentra restringido a unas cuantas opciones tales como alimento para el ganado e incorporación como mejorador de suelo, pero no siempre son económicamente viables, por lo que los agricultores optan por las quemadas *in situ* a cielo abierto. Este hábito puede

modificarse, dado que constituyen una fuente de materia prima para su transformación en productos con valor agregado.

Entre los diversos cultivos que se desarrollan en Baja California, el eucalipto es uno de ellos, y de acuerdo con el último dato reportado por la Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable (OEIDRUS), en el 2007, se contaba con 102 hectáreas [1].

En la actualidad, las hojas del eucalipto generadas por la cosecha del tronco de eucalipto, o por la poda del mismo, no se aprovechan; además son consideradas como desecho, desperdiciando una valiosa fuente de materia prima para la extracción de aceite esencial. Aunado a lo anterior, de acuerdo al Anuario Estadístico del Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos (AECEEUM), en relación a las importaciones del periodo comprendido del 2003 al 2010 [2], las correspondientes al aceite esencial de eucalipto fueron en promedio de 369 toneladas anuales, y los precios de estas importaciones han ido en aumento desde el 2006 cuando el precio fue de 7.69 dólares por kilogramo hasta alcanzar casi el doble para el 2010.

El aceite esencial de eucalipto es una mezcla de varias sustancias químicas biosintetizadas por el árbol de eucalipto, como producto del metabolismo secundario, responsables del aroma característico. Generalmente es una mezcla compleja de más de 100 componentes, cuyo compuesto principal es el 1,8 cineol, perteneciente al grupo funcional de los terpenos [3] - [5].

Este aceite tiene aplicaciones diversas, como en la industria médica tradicional [6], [7] por sus propiedades antiinflamatorias, descongestionantes y antibacteriales; en la industria agroquímica [8], [9], por sus efectos biológicos y toxicológicos, como, fungicida, pesticida y larvicida; en la industria alimenticia [10], [11], como saborizante natural, resaltador de sabores y conservador de alimentos; en la industria cosmética como fuente para la elaboración de fragancias, cremas y maquillaje, y en la industria de limpieza, como desinfectante y aromatizante.

Es así que las hojas de eucalipto se configuran como una opción factible en la extracción de aceite esencial, ya que representan una oportunidad para mitigar aquellos problemas asociados con su disposición inadecuada y por otra parte, se revalorizarían dichos residuos como materia prima para la extracción de aceite esencial con la consecuente reducción de aceite esencial de eucalipto que se importa.

Es por ello, que el objetivo del presente trabajo, es evaluar aspectos técnicos de la extracción de aceite esencial a partir de las hojas del eucalipto generadas por la cosecha del tronco de eucalipto, o por la poda del mismo.

2. Desarrollo

2.1. Equipo y técnica utilizados para la extracción de aceite esencial

Para el desarrollo del presente trabajo se utilizó un equipo de acero inoxidable de tipo horizontal, con capacidad de procesamiento de lotes de 10 kg. Cuenta con admisión de vapor por la parte inferior, salida de vapor mezclada con aceite esencial por la parte superior, ducto de purga e instrumentación para monitoreo de presión, temperatura y flujo. La técnica utilizada fue extracción por arrastre de vapor. Una vez que las hojas de eucalipto a procesar se colocan dentro del equipo, se inyecta vapor de agua por la parte inferior el tiempo suficiente, para que en contacto con el material vegetal, rompa los tricomas glandulares y extraiga el aceite esencial. Enseguida se condensa la mezcla vapor de agua- aceite esencial que sale por la parte superior del equipo. Posteriormente, se separan la fase oleosa y acuosa por diferencia de densidades. Los rendimientos que se obtienen no son cantidades constantes, debido a diversos factores que influyen, entre los que

se pueden mencionar: contenido de aceite esencial en la planta, época en que se realiza la cosecha, condiciones climáticas, frescura de la hoja al momento de procesarla, variedad genética del árbol, entre otros. Por lo que el rendimiento puede variar entre 0.01 al 0.5 % del peso del material a procesar.

2.2. Selección y preparación de muestras

Para el desarrollo de las pruebas de extracción y caracterización de aceite esencial extraído de las hojas de eucalipto, se recolectaron de forma manual hojas frescas de eucalipto *Camaldulensis*, las cuales fueron removidas de la rama, haciendo un corte desde el peciolo de forma manual, teniendo cuidado de no contaminar las muestras. Después se procedió a cuantificar un kilogramo de hojas y posteriormente al lavado, para remover impurezas. En las corridas de la experimentación donde se requirió cortar la hoja para disminuir el tamaño, se utilizó una tijera de acero inoxidable y se realizaron tres cortes de forma transversal a la hoja. El periodo de recolección y procesamiento de las muestras fue de agosto-noviembre del 2012, con las condiciones climatológicas típicas de la región de Mexicali, Baja California, México, en esa temporada.

2.3. Diseño de experimentos

Para el desarrollo de las pruebas experimentales se consideraron los siguientes factores para el diseño de experimentos:

- Presión de vapor $P_1 = 10$ y $P_2 = 30$ psi
- Condición física de la hoja $D_1 =$ Entera y $D_2 =$ Cortada
- Tiempo de extracción $T_1 = 40$, $T_2 = 60$ y $T_3 = 80$ min

Como variable de respuesta se definió a la cantidad de aceite esencial de eucalipto obtenido, en relación a la masa de hojas de eucalipto procesado. La significancia estadística fue del 95% ($\alpha=0.05$). El diseño factorial fue de $3 \times 2 \times 2$ con dos réplicas cada uno de los tratamientos, resultando en un número total de 24 observaciones, bajo las hipótesis nulas (H_0) y alternativas (H_a), que se pueden observar en la Tabla 1.

Tabla 1. Hipótesis posibles para cada uno de los factores

Hipótesis nula (H_0)	Hipótesis alternativa (H_a)
Efecto de Presión (P) = 0	Efecto de Presión (P) \neq 0
Efecto de Condición física (D) = 0	Efecto de Condición física (D) \neq 0
Efecto de Tiempo (T) = 0	Efecto de Tiempo (T) \neq 0

En donde, si la condición es igual a cero, significa que ese factor no presenta efecto sobre la variable de respuesta. Y en caso contrario, significa que sí presenta una afectación.

3. Resultados

Una vez que se desarrolló la prueba experimental, se obtuvieron los resultados que se enlistan en la Tabla 2. En ella se muestra los rendimientos de aceite esencial (% m/m) obtenido bajo las diferentes condiciones definidas en el diseño de experimentos [12].

Tabla 2, Resultados de las pruebas experimentales (% m/m)

		T ₁		T ₂		T ₃	
P ₁	D ₁	0.22	0.13	0.28	0.23	0.43	0.38
	D ₂	0.34	0.34	0.28	0.27	0.28	0.26
P ₂	D ₁	0.44	0.44	0.25	0.21	0.52	0.41
	D ₂	0.34	0.31	0.14	0.28	0.27	0.23

Para el procesamiento de los resultados y el análisis de varianza, se utilizó el software Minitab® versión 15. Los resultados se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3, Resultados estadísticos de la prueba experimental

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F ₀	Valor-P
Condición de hoja	1	0.015831	0.01583	8.12	0.015
Presión	1	0.007142	0.00714	3.66	0.080
Tiempo	2	0.048837	0.02442	12.52	0.001
Condición de hoja * Presión	1	0.026693	0.02669	13.69	0.003
Condición de hoja * Tiempo	2	0.048188	0.02409	12.35	0.001
Presión * Tiempo	2	0.029539	0.01477	7.57	0.007
Condición de hoja * Presión * Tiempo	2	0.016589	0.00830	4.25	0.040
Error	12	0.023403	0.00195		
Total	23	0.216223			

Los resultados del diseño de experimentos elaborado, cumplieron con los supuestos de normalidad, varianza constante e independencia, características que indican su validez. Esto es, la variable de respuesta se distribuyó de manera normal con la misma varianza en cada tratamiento y las mediciones fueron independientes.

Se identificó que los factores tiempo y condición de hoja, influyeron directamente en la variable de respuesta, así como todas las interacciones de los factores analizados. Debido a que el valor de $p < \alpha$ se acepta la hipótesis alternativa. Además se identificó que la intersección entre cada uno de los factores, presenta una afectación en la variable de respuesta.

Los resultados indican que las condiciones que propiciaron mayor rendimiento de aceite esencial, con un valor de 0.52% m/m fueron: la presión 30 psi, condición de hoja entera y tiempo de 80 minutos, (D_1 , P_2 , T_3).

Por otra parte, el aceite esencial obtenido fue analizado, en un equipo Perkin Elmer Spectrum One FT-IR Spectrometer, con lo cual se identificaron los compuestos principales del aceite esencial de eucalipto, mediante Espectroscopía Infrarroja con Transformada de Fourier (FTIR), dando como resultado el espectrograma que se presenta en la Figura 1.

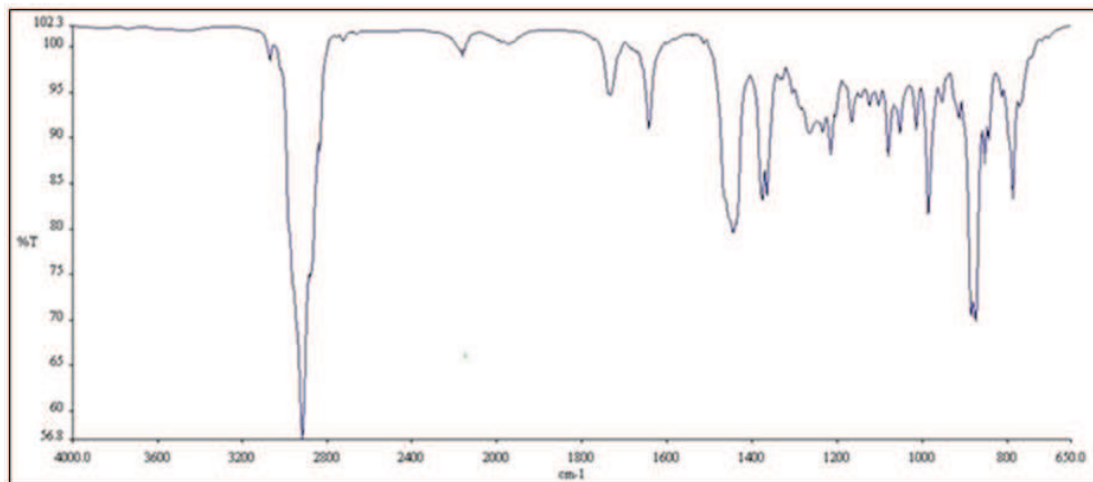


Figura. 1. FTIR del aceite esencial de eucalipto obtenido de manera experimental

La intensidad de los picos con respecto a la frecuencia, tienen una alta coincidencia, con el espectro infrarrojo de la molécula 1,8 cineol, obtenida de la base de datos denominada Spectral Database for Organic Compounds (SDBS) [13]. Además se consultó la base de datos del equipo FT-IR Spectrometer, el cual permite identificar los principales compuestos presentes en la muestra, la cual nos indica que efectivamente el aceite analizado contiene 1,8 cineol, como compuesto con mayor proporción en la mezcla, seguido por el limoneno y α pineno. Esta molécula se encuentra presente en la hoja de eucalipto como uno de los compuestos principales, adicionalmente se identifican varios terpenos presentes en la muestra.

4. Conclusiones

La biomasa residual disponible en Baja California, en este caso las hojas del eucalipto, representan una fuente de materia prima para la extracción de aceite esencial, que actualmente no es aprovechada. Por el contrario, la combustión como forma tradicional de disposición final, repercute en el medio ambiente. La propuesta presentada, es una opción tecnológica viable, debido a que el equipo puede construirse acorde a las requerimientos de proceso, además, su operación no presenta complicaciones, por lo que puede ser utilizado en campo, donde se genera el residuo biomásico. La transformación de estos residuos en productos con valor agregado, como es el aceite esencial, representan opciones de aprovechamiento de otros cultivos que pueden ser destinados a la extracción, y generar con ello una derrama económica así como empleo en el sector agrícola y forestal.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto Tecnológico de Mexicali e Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California, por el apoyo para la realización del presente trabajo.

Referencias Bibliográficas

- [1] Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable. Portal OEIDRUS Baja California 2012. (23 de febrero 2013). http://www.oeidrus-bc.gob.mx/oeidrus_bca/.
- [2] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Anuario estadístico del comercio exterior de los Estados Unidos Mexicanos, Importación. 2004-2011. (29 de febrero 2013). <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/detalle.aspx?c=10998&upc=0&s=est&tg=10&f=2&cl=0&pf=Ench&ef=0>.
- [3] Gilles M, Zhao J, An M, Agboola S. “Chemical composition and antimicrobial properties of essential oils of three Australian Eucalyptus species”. *Food Chemistry*. Vol. 119. 2010. pp. 731-737.
- [4] Garikapati D, Babu, Singh B. “Simulation of Eucalyptus cinerea oil distillation: A study on optimization of 1, 8-cineole production”. *Biochemical Engineering Journal*. Vol. 44. 2009. pp. 226–231.
- [5] Kumar P. Mishra S. Malik A. Satya S. “Compositional analysis and insecticidal activity of Eucalyptus globules (family: Myrtaceae) essential oil against housefly (*Musca domestica*)”. *Acta Tropica*. Vol. 122. 2012. pp. 212-218.
- [6] Alzamora L. Morales L. Armas L. Fernández G. “Medicina tradicional en el Perú: actividad antimicrobiana in vitro de los aceites esenciales extraídos de algunas plantas aromáticas”. *Anales de la facultad de medicina*. Vol. 62(2). 2001. pp. 156-161.
- [7] Ilmberger J, Heuberger E, Mahrhofer C, Dessovic H, Kowarik D, Buchbauer G. “The Influence of Essential Oils on Human Attention. I: Alertness”. *Chemical senses*. Vol. 26(3). 2000. pp. 239-245.
- [8] Inouye S, Takizawa T, Yamaguchi H. “Antibacterial activity of essential oils and their major constituents against respiratory tract pathogens by gaseous contact”. *Journal of antimicrobial chemotherapy*. Vol. 47(5). 2001. pp. 565-573.
- [9] Zhang J, An M, Wu H, Liu D, Stanton R. “Chemical composition of essential oils of four Eucalyptus species and their phytotoxicity on silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) in Australia”. *Plant Growth Regul.* Vol. 68(2). 2012. pp. 231-237.
- [10] Burt S, “Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International journal of food microbiology*. Vol. 94(3). 2004. pp. 223-253.
- [11] Moreira M, Ponce AG, Valle C.E., Roura S.I. “Inhibitory parameters of essential oils to reduce a foodborne pathogen”. *LWT - Food Science and Technology*. Vol. 38(5). 2005. pp. 565-570.
- [12] García González, C. 2012. “Procesamiento de residuo biomásico de Baja California. Caso de estudio: extracción de aceite esencial de eucalipto”. Tesis Doctoral. Instituto de Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California, 2012.
- [13] Spectral Database for Organic Compounds. 2012 (12 de diciembre 2012), http://riodb01.ibase.aist.go.jp/sdbs/cgi-bin/direct_frame_top.cgi.

Compostaje de biosólido

Beatriz Juárez Robles, Isaías de la Rosa Gómez, Ma. Consuelo Hernández Berriel, Guadalupe Macedo Miranda.

Instituto 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: liia@ittoluca.edu.mx.

Resumen

Los cambios socioeconómicos e industriales de las últimas décadas así como el crecimiento poblacional, propiciaron la generación de grandes volúmenes de biosólidos procedentes de plantas de tratamiento de agua residual PTAR, ocasionando graves problemas ambientales. El objetivo de la investigación fue obtener composta a partir de biosólidos de origen municipal, con calidad que permita utilizarlo como abono orgánico y que el tiempo de proceso sea menor al utilizado en el compostaje normal; para ello se empleó 30% arcilla como componente para reducir el tiempo de maduración y 0%, 5%, 10% y 20% de lama para favorecer la actividad microbiana del proceso, realizando 4 pruebas por duplicado. Las variables de control de proceso fueron: temperatura, pH, aireación y humedad; y como indicadores de calidad: Materia orgánica MO, Carbono Orgánico Total COT, Nitrógeno Total Kjeldahl NTK, fósforo P y relación Carbono/Nitrógeno C/N. Bajo estas condiciones de proceso, se logró compostar los biosólidos obteniendo una relación C/N de 3.9-7.05 y un tiempo menor a 30 días, siendo la prueba P2 la que obtuvo mejores resultados en cuanto a la relación C/N, MO y P.

Palabras clave: *ambiente, arcilla, composta, contaminación, tiempo.*

1. Introducción

Actualmente el concepto de sustentabilidad obliga a avanzar en la gestión integral de los residuos, dando lugar a la reutilización y valoración de los mismos sobre otras técnicas de gestión reduciendo con ello el impacto ambiental negativo a los ecosistemas. En el tratamiento de agua residual municipal se genera una gran cantidad de biosólidos como subproducto, los cuales contienen compuestos orgánicos, inorgánicos y microbiológicos nocivos que hacen que su tratamiento y manejo sea difícil y costoso, los tratamientos como el compostaje que se llevan a cabo a altas temperaturas son los más adecuados ya que son menos costosos y eliminan la mayor cantidad de elementos contaminantes [1].

En México al cierre del 2011 se tenía un registro de 2,289 plantas en operación, con una cobertura de tratamiento de aguas residuales municipales del 46.5%, siendo el tratamiento más usado el de lodos activados. En el Estado de México se cuenta con 139 plantas y un caudal tratado de 6,493.9 L/s [2]. Sin embargo, no existen datos estadísticos de la cantidad de lodos generados a nivel nacional, y su acumulación sigue en aumento. El objetivo de esta investigación fue compostar mediante el método de pilas aireadas los biosólidos provenientes de una PTAR de origen municipal con un tiempo de maduración menor a 3 meses y con una relación de C/N entre 4 y 8, en presencia de arcilla y lama.

2. Desarrollo

El estudio fue realizado en Toluca, Estado de México, en una planta piloto de compostaje del Instituto Tecnológico de Toluca, el cual cuenta con zona de acondicionamiento del material, molienda, mezclado y compostaje. La fase experimental se dividió en diferentes etapas las cuales se mencionan a continuación.

2.1. Acondicionamiento de biosólidos, arcilla y lama

Los biosólidos se colectaron de una PTAR municipal, localizada en el Valle de Toluca. Se deshidrataron térmicamente por radiación solar sobre una película de polietileno, aireándolo diaria y manualmente reduciendo la humedad de 75-78% a 30-25%, obteniéndose un material amorfo aglomerado, el cual se trituró con un molino de martillos, el granulado resultante se cribó con malla de 2 mm de diámetro.

La arcilla se cribó utilizando una malla de 2 mm de diámetro, y la lama se inspeccionó visualmente para verificar que no existiera material extraño.

2.2. Compostaje

Se prepararon pilas de 250 kg, 1 testigo y 4 pruebas por duplicado, conformadas con biosólidos: arcilla:lama, cada una con las proporciones indicadas a continuación: Testigo (100:0:0), P1 (70:30:0), P2 (65:30:5), P3 (60:30:10), y P4 (50:30:20). Se midieron como variables de proceso la temperatura, humedad y pH con una frecuencia de 24 horas y la aireación y adición de agua cada 48 horas; el pH se determinó conforme a la NMX-FF-109-SCF-2007 y el % de humedad por método Termogravimétrico (NMX-F-428-SCFI-1982). Al final del proceso se realizó el muestreo conforme al método de cuarteo establecido en la NOM-004-SEMARNAT-2002 en su anexo II, punto 2.2; se realizó el análisis de calidad a cada prueba. Las variables de respuesta fisicoquímicas se determinaron conforme a la normatividad mexicana: % de MO, % COT y % NTK con la NMX-AA-021-SEMARNAT-2000; % Fosforo P, con la NMX-AA-094-1985; % Potasio K y % Sodio Na, y la relación C/N con la NTEA-006-SMA-RS-2006 y el % de cenizas con la NMX-FF-109-SCF-2008 [3]-[4]-[5]-[18].

3. Resultados

3.1. Temperaturas en pilas de compostaje

Se tomaron temperatura *in situ* utilizando termómetro de mercurio, se midió en nueve punto equidistantes y promediando el resultado. 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.

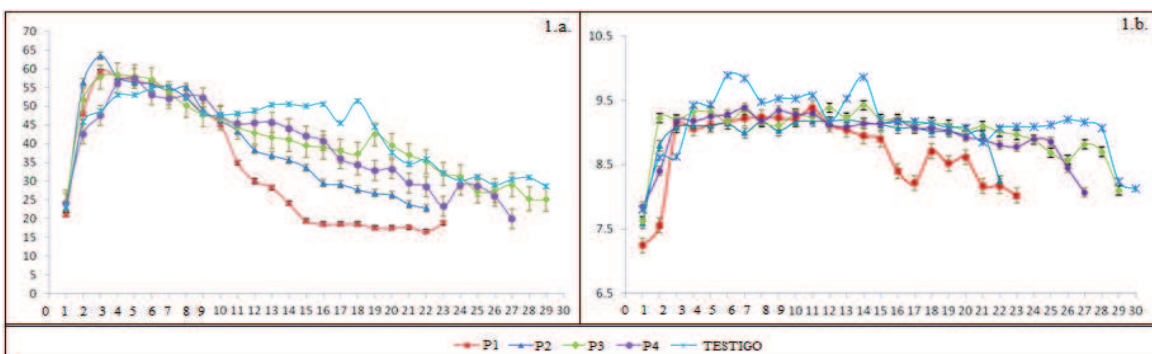


Figura 1.a. Temperaturas y 1.b.pH en pilas de compostaje.

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 [5]-[6]-[7]-[8]-[9]. La P1 alcanzó temperaturas por encima de los 55°C durante cinco días, la P2 alcanzó una temperatura máxima de 63.5°C y mantuvo temperaturas por arriba de los 55°C durante seis días; la P3 durante cuatro días mantuvo valores superiores de 55°C, con una temperatura máxima de 58.4°C. La P4 solo se mantuvo en temperaturas mayores a 55°C durante dos días en promedio, tiempo menor al contemplado en la NTEA-006-SMA-RS-2006, lo que se atribuye a la temperatura ambiente baja (17-23°C). La P2 presentó mejor comportamiento mostrando una etapa mesofila de poca duración; la P4 fue la más inestable en comparación con la pila Testigo, aunque también tuvo una rápida transición entre la etapa mesófila y termofila, sin embargo, con el transcurso de los días la temperatura osciló constantemente.

3.2. pH en pilas de compostaje

Los valores de pH tienden a estar entre 7 y 8 al inicio del proceso (ver Figura 1.b), atribuyéndose a la mineralización de compuestos orgánicos carbonáceo, elevándose rápidamente después de tres días a niveles de 9, permaneciendo así hasta la degradación de compuestos orgánicos nitrogenados que liberan amoníaco. A partir de la fase intermedia aproximadamente en el día 16, el pH desciende para normalizarse entre 8.0 y 8.8 durante el resto del proceso. El pH en el Testigo fue el que obtuvo valores más elevados, alcanzando valores de 10, al llegar a los 30 días el pH se encontraba en valores de 8. El tener datos cercanos a la neutralidad es importante, debido a que a este pH los microorganismos disponen fácilmente de la mayoría de nutrientes, propiciando la formación de ácidos húmicos, que indica la degradación de la MO [10]-[11].

3.3. Humedad en pilas de compostaje.

El contenido de humedad al inicio del proceso estuvo en un intervalo de 30.15-40%, valores adecuados para el desarrollo de los microorganismos. La humedad necesaria para la degradación aerobia es variable, dependiendo de las características del material a compostar; en la bibliografía algunos autores reportan valores de 40-60%; otros entre 15-35% pero no menor a 10% porque esto reduciría la actividad biológica aumentando el tiempo de compostaje. Es importante relacionar la humedad con la etapa en la que se encuentra la pila, dado que en la etapa termofílica los microorganismos requerirán mayor contenido de humedad por la alta actividad que desarrollan, reduciendo la etapa de enfriamiento dado que también disminuyen las poblaciones microbianas y la MO disponible.

3.3. Análisis finales de calidad de la composta.

Los parámetros indicativos de la finalización del proceso de compostaje fueron los cambios físicos de: textura, color, olor y reducción del volumen. La textura granular se transformó a una forma similar a la tierra negra, el color cambió de negro a café claro, al igual el olor de los biosólidos, cambió a tierra húmeda, característico al producido por los *Streptomyces* al contacto con el agua. No se observaron lixiviados en las pilas por lo que la reducción de volumen se asocia con la volatilización de gases por descomposición y mineralización de la MO. 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, pero en el menor tiempo posible [12]-[13]-[14]. 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 respuesta fisicoquímicas.

PARÁMETROS																
Unidad	%											[H ⁺]				
Norma	NMX-AA-021-1985		NMX-FF-109-SCFI-2007		NTEA-006-SMA-RS-2006		NMX-AA-094-1985		NTEA-006-SMA-RS-2006		NMX-FF-109-SCF-2007		NTEA-006-SMA-RS-2006			
Especificación	> 15		NA		1-4%		< 12%		> 0.10%		> 2.5		NA		6.5-8.5	
Muestra	MO		COT		N		C/N		P		K/Na		Cenizas		pH	
	I	F	I	F	I	F	I	F	I	F	I	F	I	F	I	F
P1	12.35	11.37	6.61	6.15	2.31	1.455	2.86	4.25	0.236	13	68.95	8.18				
P2	11.59	12.67	6.2	6.85	1.57	1	3.95	7.05	0.258	10.9	69.55	8.255				
P3	11.71	10.99	6.26	5.95	1.72	1.48	3.64	4.2	0.227	6.3	62.45	8.2				
P4	9.96	11.09	5.32	6	2.62	1.52	2.03	3.9	0.262	5.4	67.5	8.435				
Testigo	18.31	16.21	9.81	9.4	4.65	3.25	2.11	2.89	NR	NR	34.9	5.5				

NA: no se tiene límite establecido en la norma citada; NR: parámetro no analizado; I: al inicio del compostaje; F: al final del compostaje; K/Na: relación Potasio-Sodio.

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 [11]. Los resultados obtenidos de MO en las pruebas realizadas oscilan entre 10.99 y 12.67% en P3 y P2 respectivamente, resultados similares fueron obtenidos por [8]-[15]; el testigo tuvo el valor más alto con 18.31% al inicio, reduciéndose a 16.21%. 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 [11].

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 3.9 y 7.05 para el P4 y la P2 respectivamente. La prueba que mejor relación C/N tuvo fue la P2, que se encuentra dentro del intervalo del objetivo y del intervalo establecido de la norma técnica NTEA-SMA-RS-2006 [15]-[8]. El COT es un parámetro importante para calcular la relación C/N; en la investigación se obtuvieron valores en un intervalo de 5.95 a 6.85%; como [15] que reporta valores de 9.8% utilizando biosólidos y cachaza y [8] 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 0.227 y 0.262%, para P3 Y P4 respectivamente, debido a la variedad de sustratos que son utilizados.

El contenido de cenizas es alto en todas las pruebas, obteniendo valores de 62.45 a 69.55%, esto probablemente debido a los procesos de mineralización y al contenido de silicio que se encuentra en la estructura de la arcilla utilizada; algunos datos de contenido de ceniza en procesos de compostaje normales, son del orden de 36% [16]-[17]. En el testigo se obtuvo un valor de 34.9% similar a lo reportado por [16]-[17].

4. Conclusiones

- De los ensayos realizados, la P2 obtuvo los mejores resultados en cuanto a la relación C/N, MO y fósforo.
- En todas las pruebas realizadas se logró finalizar el proceso de compostaje en un tiempo menor a 30 días.
- El pH es un indicativo de la etapa en la que se encuentra el proceso de compostaje, de acuerdo a los datos obtenidos las fases de degradación se delimitaron por pH neutro al inicio y básico en el resto del proceso.
- Los resultados fisicoquímicos confirman que las variables de control de temperatura, pH y % humedad son confiables para el control del proceso de compostaje.

5. Referencias

- [1] Jurado P., “Aprovechamiento de biosólidos como abonos orgánicos en pastizales áridos y semiáridos”. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*.42(3) 2004. pp. 379-395.
- [2] CONAGUA 2012. 2013. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAPDSINVENTRIO%202011%20FINAL.pdf>.
- [3] SEMARNAT 2002. 2013. <http://www.semarnat.gob.mx/leyesy normas/documents/html/lodos>
- [4] SAGARPA 2007. 2013. <http://www.ordenjuridico.gob.mx/federal/pe/apf/apc/sagarpa/normas/oficiales/mx-ff-109-scfi-2007.pdf>.
- [5] Secretaría del Medio Ambiente 2006. 2013 <http://www.edomex.gob.mx/legistelfon/doc/pdf/gct/2009/may211.PD>.
- [6] Hoog, D. “Comparison of compost standards within the EU, North America and Australasia. Banburg”, *Oxon. (Main Report Section 3)*. 2002. p.p. 41
- [7] Prescott L.M., Harley J.P. y Klein D.A. *Microbiology*. 7va. ed. 2008. Editorial: McGraw-Hill/Interamericana. España. pp.1124.
- [8] Franco Archundia F. 2013. Composteo 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.
- [9] APHA/AWWA/WPCF. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 2012. www.standardmethods.org
- [10] Moreno Casco J. y Moral Herrero R. *Compostaje*. 1ra. ed. 2007. Ediciones Mundi-Prensa Madrid. España. 530.
- [11] Manahan Stanley E. *Introducción a la química ambiental*. 1ra. edición. 2007. Ed. Reverté. México. 547.
- [12] Riggle, D. “Build it your self composting equipment”. *BioCycle*. 34(10). 1993. p.p. 62-63.
- [13] Fitzpatrick, G.E.; Duke, E.R.; Klock-Moore, K.A. “Use of compost products for ornamental crops production: Research and grower experiences”. *HortScience*. 33. 1998. pp. 941-944.

- [14] Uicab, L.A. Brito, Sandoval Castro, C.A. “Uso del contenido ruminal y algunos residuos de la industria cárnica en la elaboración de composta”. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 2. 2003. pp. 45-63.
- [15] Torres, P., Pérez A., Escobar J.C., Uribe I.E., Imery R. “Compostaje de biosólidos de plantas de tratamiento de aguas residuales”. 2007. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, 27(1), pp. 267-275.
- [16] Stoffella, P. J, Kahn B. A. *Utilización de compost en los sistemas de cultivo hortícola*. 1era. ed. 2005. Ed. Mundi-Prensa Libros. Madrid. p.p. 379.
- [17] Rodriguez, D., Ruiz A., Martinez, M., Matiz, A. “Use of termofilic inoculant in transformation of urban solid wasted (USW)”. 2007. *Universitas Scientiarum*, 12(2), pp. 57-67.
- [18] Secretaria de Economía 2012. 2013 <http://www.economia-nmx.gob.mx/normasmx/index.nmx>.

Evaluación de parámetros inorgánicos y actividad enzimática en vermicomposta

Pedro Del Aguila, Rocío Vaca, Jorge Lugo, Nancy Serrano, Rosaura Miranda, Estephany Arcos

Lab. de Edafología y Ambiente, Facultad de Ciencias UAEMex.

Instituto Literario número 100, Toluca, México.

delaguila.1959@gmail.com

Resumen

Devolver a la naturaleza parte de lo que se le ha quitado, requiere del uso de biotecnologías, el vermicomposteo consiste en el uso de tecnologías de bajo costo donde participa la lombriz de tierra, microorganismos y enzimas que puede ser útil para el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. Este trabajo consistió en evaluar indicadores inorgánicos y la actividad enzimática que conducen a conocer la estabilidad de la vermicomposta. Se probaron tres tratamientos (T) donde se evaluó, humedad, pH, conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (MO), metales pesados (MP) y catalasa. Los resultados indican que la humedad (<72%) muestra un contenido adecuado. El pH estuvo por arriba de la norma, fue fuertemente alcalino para T2 y T3 (9.39 ± 0.02 y 9.37 ± 0.01 respectivamente) y menos alcalino para T1 (8.39 ± 0.04), lo que demuestra que el proceso es completo. La MO mostró igual porcentaje en T2 y T3 ($26.28 \pm 1.55 \%$ y $25.60 \pm 1.54 \%$) y menor contenido en T1 ($31.16 \pm 1.5 \%$) el cual concuerda con la norma. La catalasa presentó la mayor actividad para T3 ($0.81 \pm 0.015 \mu\text{mol H}_2\text{O}_2\text{g}^{-1}\text{h}^{-1}$) con relación a T1 y T2 (0.61 ± 0.015 y $0.64 \pm 0.015 \mu\text{mol H}_2\text{O}_2\text{g}^{-1}\text{h}^{-1}$ respectivamente), esto obedece a cambios en la estructura de las comunidades microbianas y a un posible aumento de estas. La humedad, el C orgánico, N total y la relación C/N fueron indicadores de estabilidad lo que demuestra un producto estable que se puede sugerir como mejorador de suelo.

Palabras Clave: *enzima, estabilidad, lombriz de tierra, materia orgánica, microorganismos.*

1. Introducción

Dentro del desarrollo sustentable, uno de los mayores retos consiste en contar con un sistema integral para el manejo de residuos sólidos orgánicos (RSO) que se generan tanto en la ciudad como el campo [4]. Se tienen diversos tipos de RSO, los de origen animal, vegetal y a los lodos residuales (LR) que son un problema para el ambiente debido a que se generan grandes volúmenes diariamente, pero son una fuente de materia orgánica (MO) y nutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas [6]. Una manera de reducir, reciclar y reutilizar los RSO consiste en llevar a cabo la técnica del composteo, cuando participa la lombriz de tierra recibe el nombre de vermicomposteo, que consiste en una bioxidación y estabilización de la MO [3]. Este proceso conduce a la estabilidad de la MO y de ella se genera un producto que sirve como mejorador de suelo. La estabilidad de la MO se puede conocer, evaluando algunos parámetros como pH, conductividad eléctrica (CE), capacidad de intercambio catiónico (CIC), carbono orgánico (CO), nitrógeno, biomasa microbiana, actividad respiratoria y enzimática [18]. Este último parámetro considera reacciones químicas de la célula que se conducen por enzimas que actúan como catalizadores orgánicos y facilitan la formación de un producto que cambia de una naturaleza orgánica a inorgánica [5]. En este estudio se estimaron parámetros como la humedad, pH, MO, N-

total y la actividad de la enzima catalasa en vermicompostas hechas con mezclas de residuos de origen animal (bovino), vegetal y una dosis de lodo residual de origen municipal (40 Mg ha^{-1}) para conocer la mejor mezcla y estabilidad del producto elaborado.

2. Metodología

2.1. Muestreo del suelo agrícola, lodo residual, residuos orgánicos y lombriz de tierra

El muestreo del suelo fue de tipo sistemático y se llevó a cabo en una parcela de una hectárea [15] en el campus universitario “El Cerrillo” de la UAEMex, donde se tomaron 8 muestras de 1500 g a 20 cm de profundidad. Las muestras se mezclaron y se homogenizaron para obtener una muestra compuesta (9000 g). Posteriormente se secó al aire y se tamizó a través de una malla de 2 mm. Finalmente se separó una porción de 2000 g para realizar la caracterización del suelo y el resto se empleó para la realización del experimento. Los lodos residuales (LR) municipales se obtuvieron del filtro prensa de la planta de tratamiento de aguas residuales perteneciente a la empresa Operadora de Ecosistemas S.A. de C.V. Una parte del LR se utilizó para el análisis químico y el resto para el desarrollo del experimento. Se colectaron 500 g de cada tipo de RSO de origen vegetal (desechos caseros) y animal semanalmente, estos últimos tomados de la posta zootécnica de la Facultad de Medicina Veterinaria (estiércol bovino) durante dos meses. Los primeros se trituraron y a los LR y RSO se les aplicó el mismo tratamiento que se llevó a cabo con el suelo. La lombriz de tierra (*E. foetida*) se seleccionó considerando el indicador de madurez sexual, con el clitelo bien desarrollado con un tamaño promedio de 4 a 6 cm y un peso de 0.5 g por individuo [9], [15].

2.2. Diseño del Experimento

Se trabajó con tres tratamientos; el T1 (estiércol de vaca 1500 g: 50% y vegetal 1500 g: 50%), T2 (estiércol de vaca 1125 g: 75% y vegetal 375 g: 25%) y T3 (estiércol de vaca 3000 g: 100%), adicionalmente cada tratamiento contó con 500 g de suelo y 448 g de LR que equivale a 40 Mg ha^{-1} el LR, que no rebasa la norma mexicana en cuanto al contenido de metales pesados. Cada tratamiento dispuso de tinajas de compostaje (recipientes de plástico de 20 cm de ancho, 30 cm de largo y 20 cm de altura) por triplicado. Se adicionaron 12 lombrices de tierra a cada tratamiento de aproximadamente 0.5 g (peso húmedo) y el proceso tuvo una duración de 90 días.

2.3. Análisis químico de los componentes y tratamientos

A los componentes como son el LR, suelo y los dos tipos de RSO se les midió el pH, materia orgánica, nitrógeno total, cationes y metales totales. A los tratamientos se determinó la humedad, pH, carbono orgánico, nitrógeno total y la catalasa.

Los análisis del suelo se llevaron a cabo por los métodos de la NOM-021 (SEMARNAT, 2000) y para los LR se utilizó la NOM-004 (SEMARNAT, 2002). Al suelo, el LR y los RSO de tipo vegetal y animal se les determinó, pH en agua en una dilución 1:2, empleando un potenciómetro Corning modelo 340, mediante el método AS-12-1997 (McLean, 1982). Al suelo se le determinó la materia orgánica) a través del método AS-14-1997 (Walkley y Black, 1934). El N-total se cuantificó por semimicro-Kjeldahl a través del método AS-16-1997 (Singh y Pradham, 1981), los cationes por el método AS12 de la NOM-021 (Chapman, 1965). Para extraer los metales totales se realizó una digestión ácida ($\text{HNO}_3 + \text{HCl}$ en una relación 4:1) de la muestra, empleando un horno de microondas Mars 5 a través del método EPA 3050B y la determinación de los metales se realizó en un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer 3110. La determinación de la catalasa se llevó a través del método de Jhonson y Temple (1964).

2.4. Análisis estadístico

A los resultados de los parámetros físicos y químicos de cada tratamiento se les aplicó la prueba de ANOVA y Tukey (prueba de comparación múltiple) con un nivel de confianza del 95% [10]. Además utilizó el paquete Estadístico Statgraphics Plus 05.

3. Resultados y discusión

3.1. Caracterización fisicoquímica del suelo y de los residuos orgánicos

En el Tabla 1 se muestran las características químicas del suelo, el residuo vegetal, el estiércol bovino y LR que se utilizaron en el experimento. El pH del suelo fue modernamente ácido de acuerdo con la NOM-004, el residuo vegetal mostró un pH neutro [13]. El LR presentó valores neutros con base a la NOM-021 y el estiércol bovino fue medianamente alcalino [8]. El contenido de MO fue bajo en el suelo de acuerdo a la NOM-004, los residuos vegetales y el estiércol bovino también presentó bajos contenidos de MO [16], no así el LR, que presentó un contenido de MO muy alto de acuerdo a la NOM-021. El contenido de N total para el suelo y los LR fue alto según las dos normas mexicanas respectivamente. Los otros dos residuos orgánicos se consideraron bajos y la relación C/N para el suelo, el LR fueron relativamente bajos y el estiércol bovino alto de acuerdo a la norma [13], [16]. Los valores de los metales pesados en el suelo, residuo vegetal, estiércol bovino y LR no rebasaron los límites permisibles de la norma NOM-021.

Tabla 1. Características químicas del suelo y los residuos orgánicos empleados en la elaboración de la vermicomposta

Parámetro	Suelo	Residuo vegetal	Estiércol bovino	Lodo residual
pH	6.0±1.7	6.8 ±0.3	7.4±0.6	7.1± 0.4
C org (%)	1.4±0.5	18.5±0.2	23.3±0.7	30.4±0.4
MO (%)	2.4±0.6	31.4±0.6	39.6±0.9	51.6±0.7
C/N	14.0 ±1.2	16.81±1.2	9.7±1.5	7.4±1.1
N (%)	0.1±1.9	1.1±0.6	2.4±0.8	4.1±1.2
Cu (mg kg ⁻¹)	175.0± 5.7	130.0±2.9	235.0±6.8	490.0±9.9
Zn (mg kg ⁻¹)	96.0±1.7	75.0±1.4	65.0±1.9	115.0±1.5
Cd (mg kg ⁻¹)	3.6±0.9	3.0±0.6	2.0±0.3	2.0±0.76
Ni (mg kg ⁻¹)	25±1.3	25.0±1.7	17.0±1	82.0±1.1
Pb (mg kg ⁻¹)	18±0.5	54.0±0.8	31.0±0.1	99.0±0.5

3.2. Comportamiento de parámetros físicos y químicos de la vermicomposta

La humedad no presentó variación entre los tratamientos al final del estudio y esta mostró para T1 una humedad de 21.08±0.59 %, T2 con 22.01 ±0.70% y T3 con 21.82±0.66%, donde el valor promedio fue de 21.63 ± 0.5%, valor que va de acuerdo con los reportado por la norma oficial mexicana NMX-FF-109-SCFI-2007 de humus de lombriz (vermicomposta), la norma considera un contenido de humedad entre 20 y 40%

Los valores de pH rebasan el valor de la norma mexicana (Figura 1a). El menos alcalino es T1, seguido por T2 y T3. Los cambios del pH durante el proceso se presentan por la descomposición microbiana, mineralización del N y P en nitrito/nitrato y ortofosfatos [17]. Otros estudios revelan que un incremento del pH se manifiesta por la degradación de ácidos orgánicos y un incremento de la actividad microbiana [7].

Con respecto al contenido de C orgánico este presentó diferencias significativas (Figura 1b, $F=139$, $p<0.001$), el tratamiento que mayor contenido de C orgánico se dio en T3 (24.19 %) seguido de T2 (12.75 %) y T1 (7.29 %). Haciendo la conversión a MO se tiene que los valores obtenidos para T3 (41.60%), T2 (21.98 %) y T1 (12.56 %) donde la norma señala que si el porcentaje de MO está entre 20 y 50% es adecuado para su uso como abono orgánico, por lo que T3 y T2 si cumplen esta normatividad. El C orgánico al final del proceso del vermicomposteo disminuye por diversos factores, entre ellos se encuentran: 1) el consumo de C orgánico por la lombriz [13], 2) la transformación en CO_2 por la actividad respiratoria [17], 3) la formación de la fracción húmica que da lugar a la formación de vermicomposta madura [9].

El N total de la vermicomposta presentó diferencias (Figura 1c, $F=7$, $p<0.026$), estos valores en los tratamientos se encuentran dentro de lo permitido por la norma (\leq a 4 % de N). El tratamiento que más contenido de N fue el T1 y le siguió T2. El contenido de N total tiende a incrementarse al final de proceso [1] [9], esto obedece a: 1) la elaboración de productos (metabolitos) parte de la lombriz ricos en N, 2) a la excreta de moco y fluidos del organismo rico en N, 3) a las enzimas productoras de NH_4^+ , 4) tejido muerto rico en N y 5) al proceso de mineralización durante el vermicomposteo [17]. La relación C/N fue diferente entre los tres tratamientos (Figura 1d), siendo la más adecuada de acuerdo a la norma mexicana T2, que se acerca al valor de ≤ 20 . La relación óptima de C/N debe de estar entre 20 y 30[11]. Otros estudios mencionan que un valor de 60 de C/N es adecuado para el inicio del proceso de vermicomposteo y este debe terminar con un valor de 20 [12]. La relación C/N va a determinar la edad de la lombriz; un valor menor a 20 están presentes organismos maduros (60%) y mayor de 20 predominan juveniles (70%) y en periodo de incubación [2].

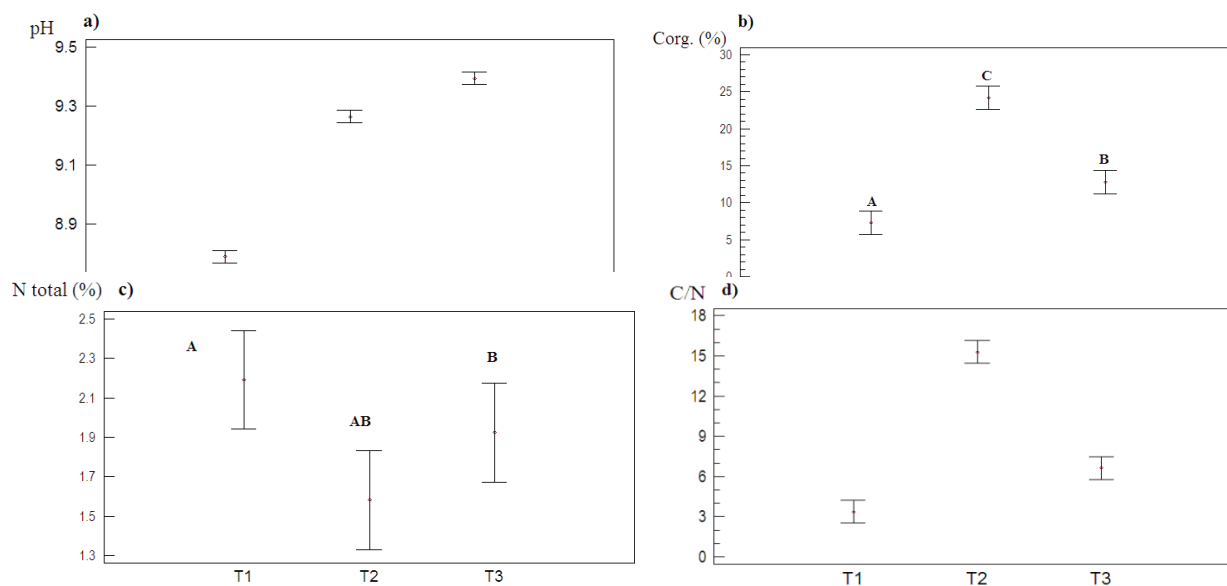


Figura 1. Contenido de pH (inciso a), C orgánico (inciso b), N total (inciso c) y relación C/N (inciso d) en la vermicomposta de tres tipos de tratamientos, T1: estiércol de vaca y residuo vegetal, 50%: 50%, T2: estiércol de vaca y residuos vegetal 75%:25% y T3: estiércol de vaca 100%. Cada tratamiento contiene 40 $Mg\ ha^{-1}$ de LR.

3.3. Actividad enzimática de la catalasa

La actividad de la catalasa en los tratamientos tiende a incrementarse a medida que pasa el tiempo del proceso (Figura 2). El tratamiento que responde de manera positiva a la catalasa es el T3, siguiéndole el T2 y T1. La enzima catalasa presentó la mayor actividad a los 90 días en T3 ($1.3 \pm 0.01 \mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ g}^{-1}\text{h}^{-1}$) con relación a T1 y T2 (1.08 ± 0.01 y $0.98 \pm 0.01 \mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ g}^{-1}\text{h}^{-1}$ respectivamente), esto obedece a cambios en la estructura de las comunidades microbianas y el posible aumento de estas, así también informa de una buena fertilidad del producto elaborado.

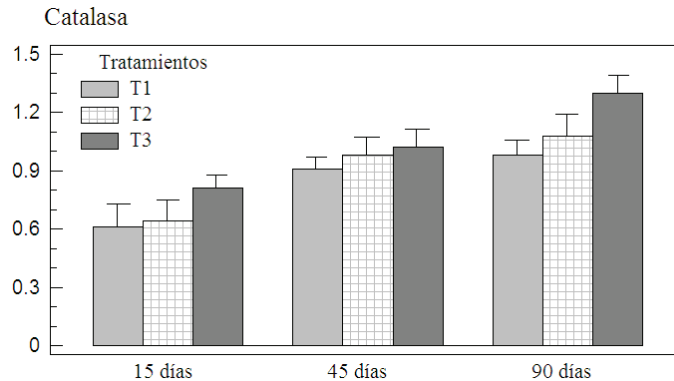


Figura 2. Contenido de la enzima catalasa ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$) durante el proceso de vermicomposteo en los tres tratamientos T1: estiércol de vaca y residuo vegetal, 50%: 50%, T2: estiércol de vaca y residuos vegetal 75%:25% y T3: estiércol de vaca 100%. Cada tratamiento contiene 40 Mg ha^{-1} de LR.

4. Conclusiones

El pH no fue un factor determinante en la estabilidad del producto. La humedad, el C orgánico, N total, la relación C/N, si fueron. Aunque la actividad enzimática de la catalasa demostró ser un indicador bioquímico en T3 (residuos animal 100%). El tratamiento que mejor respondió fue T2 (residuo animal, vegetal, 75:25 %) por lo que se sugiere como mejorador de suelo siendo un producto estable.

Referencias Bibliográficas

- [1] Aira, M., Monroy, F., Domínguez, J. 2006. C to N ratio strongly effects population structure of *Eisenia fetida* in vermicomposting systems. *Eur. J. Soil Biol.* 42:S127-S13.
- [2] Aira, M., Sampedro, L., Monroy, F., Domínguez, J. 2008. Detritivorous earthworms directly modify the structure, thus altering the functioning of a microdecomposer food web. *Soil Biol. Biochem.* 40:2511-2516.
- [3] Aira, M., Domínguez, J. 2009. Microbial and nutrient stabilization of two animal manures after the transit through of the earthworm *Eisenia fetida* (Savigny, 1826). *J. Hazard. Mater.* 161:1234-1238.
- [4] Armijo, V., Ojeda, B.S., Ramírez, B. M.E. 2007. Caracterización de residuos sólidos el potencial de reciclaje para una institución de educación superior. *Encuentro Nacional de Expertos en Residuos Sólidos.* Universidad Autónoma de Baja California, México. ISBN 970-735-075-X: pp. 66-77.
- [5] Ceron, R. L. E., Melgarejo, M. L. M. 2005. Enzimas del suelo: indicadores de salud y calidad. *Acta biológica colombiana.* 10(1): 5-18.

- [6] Delgado, A.M.D.H., Porcel, C.M.A., Millarez, D.I.H.R., Beltrán, R.F., Beringola, B. L., Martín, S.J.V. 2002. Sewage sludge compost fertilizer effects on maize yield and soil heavy metal concentration. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 3: 147-150.
- [7] Delgado, A.M.D.H., Porcel, C.M.A., Millarez, D.I.H.R., Beltrán, R.F., Beringola, B. *Eisenia fétida*. L., Martín, S.J.V. 2004. Efecto de la vermicultura en la descomposición de residuos orgánicos. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 3: 147-150.
- [8] Elvira, C., Sampedro, L., Domínguez, J., Mato, S. 1997. Vermicomposting of wastewater sludge from paper-pulp industry with nitrogen rich materials. *Soil Biol. Biochem.* 29:759-762.
- [9] Garg, P., Gupta, A., Satya S. 2006. Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: a comparative study. *Biores. Technol.* 97: 391-395.
- [10] Montgomery, D. 2003. Diseño y análisis de experimentos. Edit. Iberoamericana, México. 595 p.
- [11] Orozco, F.H., Cegarra, J., Trujillo, L.M., Roig, A. 2000. Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm *Eisenia fetida*: Effects on C and N contents and the availability of nutrients. [Biol. Fertil. Soils](#). 2: 162-166.
- [12] Palsania, J., Sharma, R., Srivastava, J.K., Sharma, D. 2008. Effects of moisture content variation over kinetic reaction during vermicomposting process. *Appl. Ecol. Environ. Res.* 2:49-61.
- [13] Singh, N.B., Khare, A.H., Bhargava, D.S., Bhattacharya, S. 2005. Effects of initial substrate pH on vermicomposting using *Perionyx excavatus* (Perrier, 1872). *Appl. Ecol. Environ. Res.* 1:85-97.
- [14] Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, C.T., Sumner, M.E. 1996. Methods of soil analysis (parte 3 Chemical methods). Soil Science Society of America, Inc, American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA. pp. 388-405.
- [15] Sheppard, S., Evender, W., Corwell, T. 1997. Depuration and uptake kinetics of I, Cs, Mn, Zn and Cd by the earthworms (*Lumbricus terrestris*) in radiotracer-spiked litter. *Environ. Toxic. Chem.* 10: 1206-1212.
- [16] Suthar, S., Singh, S. 2008. Vermicomposting of domestic waste by using two epigeic earthworms (*Perionyx excavatus* and *Perionyx sansibarius*). *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 1:99-106.
- [17] Suthar, S. 2009. Vermistabilization of municipal sewage amended with sugarcane trash using epigeic *Eisenia fetida* (Oligochaeta). *J. Hazard. Mater.* 163:199-206.
- [18] Wang, W.J., Dalal, R.C., Moody, P.W., Smith, C.J. 2003. Relationship of soil respiration to microbial biomass, substrate availability and clay content. *Soil Biol. Biochem.* 35: 273-284.

Ladrillos verdes: opción para materiales recuperados sin valor comercial reconocido

¹ María Fernanda Serrano Guzmán, ² Norma Cristina Solarte Vanegas, ³ Diego Darío Pérez Ruiz, ⁴ Nestor Darío Hernández Vargas, ⁴ Diana Montero González

¹ Directora General de Investigaciones, Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga,, Km. 7 Vía Piedecuesta, mariaf.serrano@upb.edu.co

² Coordinadora Especialización en Vías Terrestres, Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga,

³ Director del Departamento de Ingeniería Civil e Industrial, Pontificia Universidad Javeriana, Cali,

⁴ Integrantes del Semillero de investigación en Ingeniería Civil SIIC, Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga

Resumen

El aumento de la población ha promovido la construcción de nuevas edificaciones con el consecuente sobreconsumo de los recursos naturales, como la arena, el agua y hasta el suelo, lo cual afecta el ambiente. Debido a esto, se hace necesaria la búsqueda de nuevos materiales que puedan reemplazar algunos de los utilizados en las viviendas. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos al utilizar materiales considerados residuos que actualmente no tienen valor comercial y la posterior evaluación del comportamiento térmico y mecánico de estos materiales aplicados en la elaboración de mampuestos. El producto obtenido se ha denominado ladrillo-verde. Para la preparación de la mampostería verde se recuperaron diferentes tipos de residuos de naturaleza inerte: material de relleno de tipo arcilloso que ha sido desechado de las obras, botellas de plástico y residuos de llanta. Los resultados demuestran la posible ampliación de la oferta de materiales para la construcción de muros divisorios, contribuyendo con ello al uso de residuos que no tienen valor comercial en la actualidad y favoreciendo a la sociedad y al ambiente.

Palabras Clave: *botella, ladrillo, papel, vivienda*

1. Introducción

Las necesidades básicas del hombre son la alimentación, el vestido y la vivienda, siendo esta última satisfecha por el gremio de los constructores y autoconstructores, responsables de esta actividad económica. Particularmente con relación a la vivienda, se observa que alrededor de la cuarta parte de la población mundial no cuenta con unidades habitacionales o viven en condiciones no aptas [1]. La construcción genera gran cantidad de residuos y adicionalmente demanda una gran cantidad de recursos que son tomados de la naturaleza [2]. Como lo manifiestan en [1] la construcción de vivienda se ha tornado onerosa por la necesidad de incluir materiales complejos que satisfagan las exigencias de los clientes, mejorando cada vez la calidad de vida de los usuarios de la misma. Sin embargo, también propician un aumento en la producción de residuos que en ciertos países van a parar a sitios de disposición clandestinos [2].

1.1. Problemática identificada

La evolución del hombre se ha acompañado de cambios en sus condiciones habitacionales, por lo cual ha pasado de las cuevas a los grandes complejos residenciales y los rascacielos, siendo estas últimas obras las que están afectando significativamente la cobertura vegetal y en general el recurso suelo. En la actualidad, los mampuestos utilizados en los muros divisorios y en algunos muros portantes provienen de procesos de cocción de arcillas y materiales aglutinantes, materias primas que propician el desgaste y sobreconsumo del suelo. Surge entonces la iniciativa de evaluar la producción de mampuestos preparados con material de excavación sobrante y con otros residuos recuperados de las llantas y de plásticos derivados de bebidas energizantes, buscando con ello además de ampliar la oferta de materiales, plantear una estrategia de aprovechamiento de estos residuos que en la región, aparentemente, no tienen valor comercial.

1.2. Antecedentes de la producción de llantas y de plásticos en Colombia

Con respecto a los residuos de llantas, hacia el 2010 se reportó una producción estimada de llantas de automóvil, camioneta, camión y buseta del orden de 61.000 toneladas anuales [3], encontrándose que para el aprovechamiento de este residuo se requería una organización dedicada al transporte y puntos de recolección [4]. Adicionalmente, en cuanto a los plásticos se encontró que tan solo el 28% de los 859.000 toneladas anuales producidas eran reciclados [5]. Actualmente, se evidencia en el medio una tímida implementación de las políticas estatales relacionadas con el reciclaje así como también, en algunas ocasiones, ausencia o desconocimiento de tecnologías para el aprovechamiento de estos plásticos, reincidiendo entonces la problemática ambiental por su disposición.

Teniendo en cuenta la alta producción de plásticos y residuos de llanta y la disponibilidad de grandes volúmenes de tierra como residuo de la construcción, en este artículo se presentan y evalúan las propiedades mecánicas a compresión de tres opciones de ladrillos verdes, ampliando de esta forma la oferta de mampuestos para muros divisorios. Adicionalmente, se valora la capacidad térmica de cada nuevo mampuesto buscando características que demuestren la utilidad de este producto para los constructores.

2. Metodología seguida en el estudio

En este estudio se elaboraron tres tipos de mampuestos utilizando diferentes materiales: a) concreto preparado con agregados convencionales, b) concreto aligerado con botellas plásticas rellenas con residuos de llanta y c) arcilla mezclada con yeso y papel. Para ello, se realizó un diseño de mezclas de concreto según la American Concrete Institute, se clasificó la arcilla y se hicieron mampuestos que se sometieron a compresión. Los pasos seguidos se presentan en las Figuras 1 y 2.

Para el diseño de la mezcla de concreto se procedió a caracterizar el cemento y los agregados, determinando las propiedades de gravedad específica (Figura 1a), densidad aparente (Figura 1b), granulometría (Figura 1c), masas unitarias (Figura 1d) requeridas para la preparación de la mezcla de concreto. Como parte del procedimiento, los especímenes preparados se mantuvieron en curado para la hidratación completa (Figura 1e).

Para la preparación de los ladrillos con botellas y caucho (Figura 1f), se procedió a utilizar la mezcla preparada como se indicó en la Figura 1, cuidando de colocar una capa de concreto de espesor mínimo 2.54 cm para garantizar el recubrimiento y sobre esta capa se localizó la botella rellena con 500 gr de llanta molida que, finalmente, se recubrió con la mezcla.



Figura. 1. a) gravedad específica del cemento, b) densidad de agregado fino y grueso, c) granulometría para identificación de tamaño máximo y módulo de finura, d) masa unitaria, e) mezclado, f) preparación de mampuestos con concreto

Para la preparación de los mampuestos con arcilla y yeso se hizo una selección del material granular arcilloso debidamente clasificado y tamizado (Figura 2a a Figura 2d). Se prepararon cinco tipos de mampuestos a base de arcilla, con las siguientes dosificaciones arcilla-yeso: 1:2, 1:4, 1:5, 1:10 (Figura 2e) y solo arcilla, con adiciones de agua variables para proveer manejabilidad a la mezcla (Figura 2f). Estos especímenes fueron inicialmente sometidos a un secado natural y luego a horneado por 4 horas.

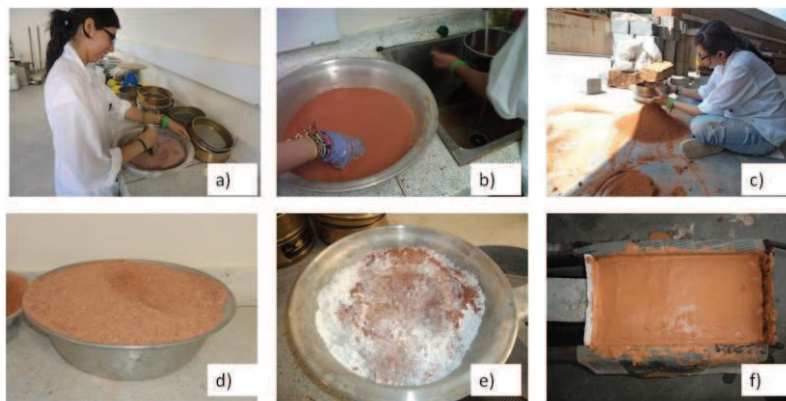


Figura 2. a) Ajuste del material, b) Lavado para separación de partículas deleznales, c) tamizado luego de secado, d) separación por peso, e) mezcla de arcilla con yeso, f) preparación de los mampuestos

3. Resultados obtenidos

3.1. Con respecto al material pétreo granular y al cemento

El material granular se caracterizó de acuerdo a las normas para agregados finos y gruesos. Las propiedades físicas de los materiales indican que es permitido el uso de estos agregados en mezclas de concreto (Tabla 1).

Tabla 1, Caracterización de los agregados y del cemento

Agregado Fino		Agregado Grueso	
Densidad Aparente Seca	2,71 g/cm ³	Densidad Aparente Seca	2,58 g/cm ³
Absorción (%)	1	Absorción (%)	2
Humedad Natural (%)	2	Humedad Natural (%)	1
Módulo de Finura	2,78	Masa Unitaria Seca y Compacta	1,44 g/cm ³
Cemento		Tamaño Máximo	1"
Gravedad Especifica	2,75 g/cm ³	Tamaño Máximo Nominal	3/4 "

3.2. Con respecto a la resistencia a la compresión de los mampuestos

Los mampuestos preparados en concreto presentan una resistencia a la compresión superior a los ladrillos verdes preparados con las otras mezclas (Tabla 2). Además, el ladrillo verde en el que se acomodó una botella con residuos plásticos presentó también una resistencia 19% por debajo del concreto macizo. Se pudo observar también que la adición de yeso en menor proporción está aumentando la resistencia de los ladrillos preparados con la mezcla arcilla-yeso.

Tabla 2, Resistencia a compresión de especímenes ensayados a los 7 días

Tipo	Resistencia (Kg/cm ²)
Arcilla	5,62
1 a 10	7,06
1 a 5	5,69
1 a 4	4,91
concreto-botella-caucho	41,95
concreto macizo	51,00

Se destaca que aunque los ladrillos de concreto y los ladrillos verdes de concreto con botella y plástico presentan altas resistencia, tienen un peso 90% superior al peso de los ladrillos preparados con arcilla, por lo cual debe revisarse la dosificación para aligerar el concreto sin afectar la resistencia. Se espera que a los 28 días la resistencia de los especímenes aumente.

3.3. Con respecto a la respuesta térmica

La emisividad, que es la proporción de radiación térmica emitida por un objeto producto de la temperatura del entorno fue de 0.95 en todos los especímenes. (Figura 3). La temperatura promedio de los especímenes elaborados fue verificada con una cámara termográfica. Se demostró que los ladrillos verdes preparados con arcilla y adición de yeso presentaron mayor temperatura que los mampuestos de concreto o concreto con plástico, lo cual permite predecir la aplicabilidad de este tipo de ladrillos para climas fríos.

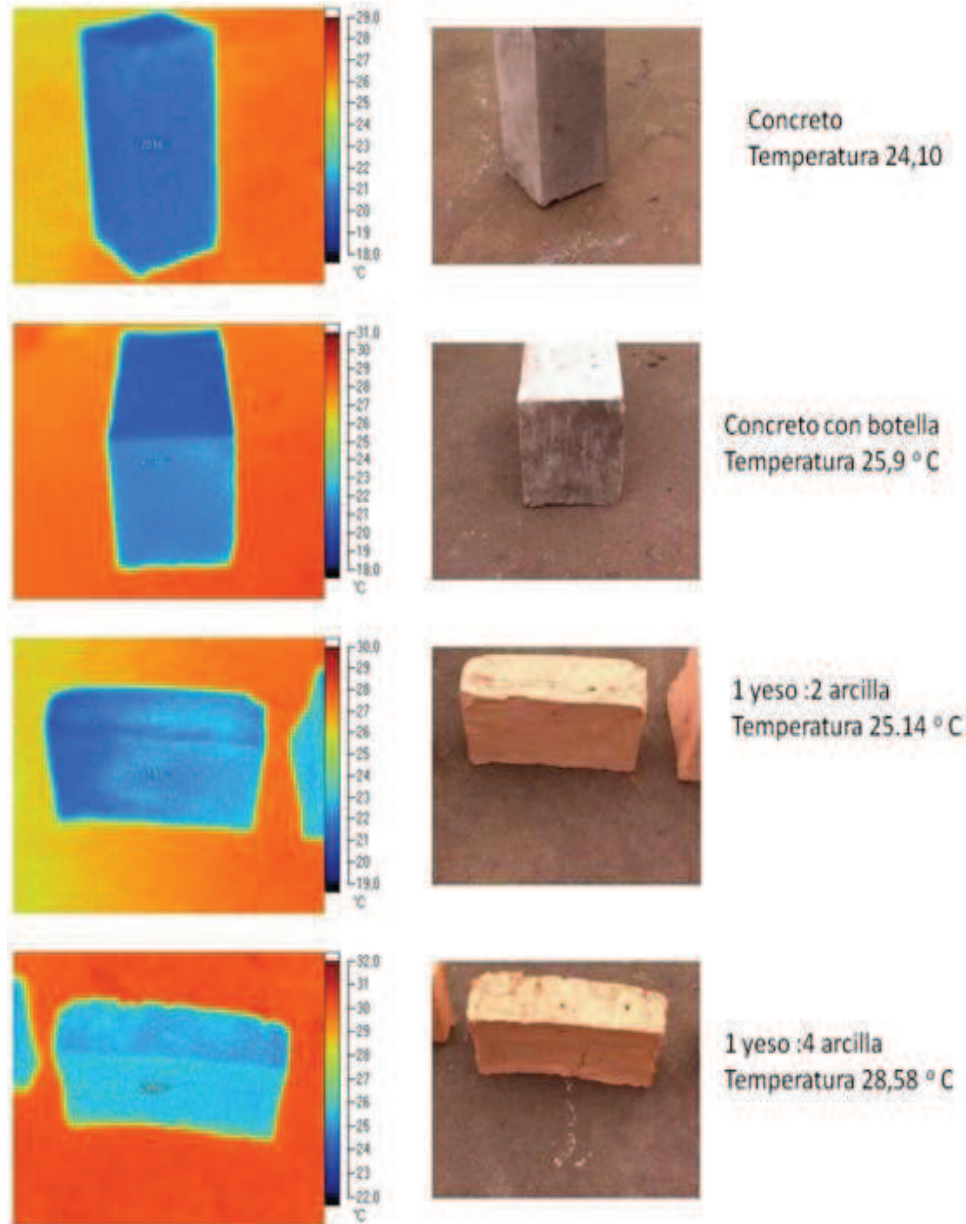


Figura. 3. Ensayos a compresión de los especímenes de mortero

4. Conclusiones

Los resultados de este estudio demostraron que es viable el aprovechamiento del material arcilloso para preparación de ladrillos verdes, encontrándose además que la adhesión de yeso a la arcilla mejoraba las propiedades cohesivas de este material. Los ladrillos verdes preparados con concreto y residuos de plástico y llantas, entre tanto, mostraron un comportamiento mecánico similar al del concreto convencional; sin embargo, es necesario continuar la experimentación para aligerar el concreto sin afectar la resistencia. Finalmente, la respuesta térmica de los ladrillos verdes fue superior a la del ladrillo de concreto convencional, lo cual perfila a estos mampuestos como una alternativa de material para pisos térmicos fríos en donde se requiere que al interior de las viviendas se conserve una temperatura de confort.

Agradecimientos

A la Dirección General de Investigaciones y a Ecopetrol ICP en Convenio de Colaboración con la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga y al Dr. Juan Carlos Mantilla Coordinador del Laboratorio de Instrumentación por su colaboración en el análisis termográfico.

Referencias Bibliográficas

- [1] Ochoa, María Teresa, Toirac Corral, José. Materiales de bajo costo para la construcción de viviendas económicas, Ciencia y Sociedad [en línea] 2005, XXX (enero-marzo) : [Fecha de consulta: 18 de junio de 2013] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87030108>> ISSN 0378-7680
- [2] Domínguez Lepe JA, Martínez L. E. Reinserción de los residuos de construcción y demolición al ciclo de vida de la construcción de viviendas. Ingeniería 20071143-54. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46711305>. Fecha de consulta: 18 de junio de 2013.
- [3] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Resolución 1457, Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas, Colombia, 29 de Julio de 2010.
- [4] Samarez Chemical Consulting S.L., Reciclaje de Neumáticos Fuera de Uso (NFUs), Disponible en: <http://www.samaraez.com>, Consultado el 17 de junio de 2013.
- [5] <http://www.soyecolombiano.com>, Muralla en Pet: una nueva atracción en la Ciudad Heróica, Cartagena, Publicado en octubre 16 de 2011. Consultado el 18 de junio de 2013.

Aprovechamiento de residuos de explotación de roca para preparación de materiales de construcción

¹ María Fernanda Serrano Guzmán, ² Diego Darío Pérez Ruiz, ³ Mateo Sarmiento Gómez, ³ Cristhian Toloza

¹ Directora General de Investigaciones, Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga,, Km. 7 Vía Piedecuesta, mariaf.serrano@upb.edu.co

² Director del Departamento de Ingeniería Civil e Industrial, Pontificia Universidad Javeriana, Cali,

³ Integrantes del Semillero de Investigación en Ingeniería Civil SIIC, Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga

Resumen

Barichara es un pueblo de gran atractivo turístico por la calidez de sus habitantes y por las ingeniosas labores manuales que se realizan alrededor de la roca existente en la región. Gran parte del sustento económico de la zona proviene de la explotación de este material, extraído de grandes canteras en donde el personal trabaja la piedra hasta obtener las dimensiones para el uso en pisos, enchape de fachadas o simplemente en muros artesanales en las fincas. Durante los trabajos, los grandes macizos son perfilados con cincel y porra generando gran cantidad de desperdicio de material con tamaño menor a 3/8 ". Este material normalmente se dispone a cielo abierto, en el mismo lugar de explotación, con lo cual se convierte la zona, en un terreno desértico con gran impacto visual. En este trabajo se plantea el uso de este material como un sustituto de la arena, utilizada para la preparación de morteros. Para ello se prepararon mezclas de mortero que se probaron a compresión. Los resultados de estos ensayos fueron comparados con las mezclas testigo de morteros preparadas con arena convencional, proveniente de río. Esta alternativa de utilización de este material residual se perfila como una opción para mitigar el impacto ambiental de la explotación de la roca y la sobreexplotación de los ríos para la extracción de la arena. Adicionalmente, se provee un valor a lo que anteriormente se consideraba un residuo sin ningún fin comercial.

Palabras Clave: *arena, mortero, piedra Barichara.*

1. Introducción

El municipio de Barichara hace parte de la Provincia Guantán (Santander-Colombia) cuyo sustento económico es principalmente agrícola y ganadero con microempresas como actividades secundarias en las cuales un 9.6% de los 354 microempresarios se dedican a las labores de explotación de la piedra [1]. La piedra de Barichara por su resistencia y versatilidad es un material apetecido en proyectos arquitectónicos para esculturas, fachadas, andenes, vías peatonales y vehiculares de poco tráfico, que la convierten en un material de interés en proyectos de vivienda y de andenes y senderos peatonales. Justamente, los atributos en acabados obligan a que la explotación del material se realice de manera manual, alterando el paisaje (Figura 1a) y convirtiéndolo en zonas desérticas. La labor artesanal de explotación (Figura 1b), adicionalmente, está afectando la salud de los habitantes de la zona, quienes sufren de enfermedades respiratorias.

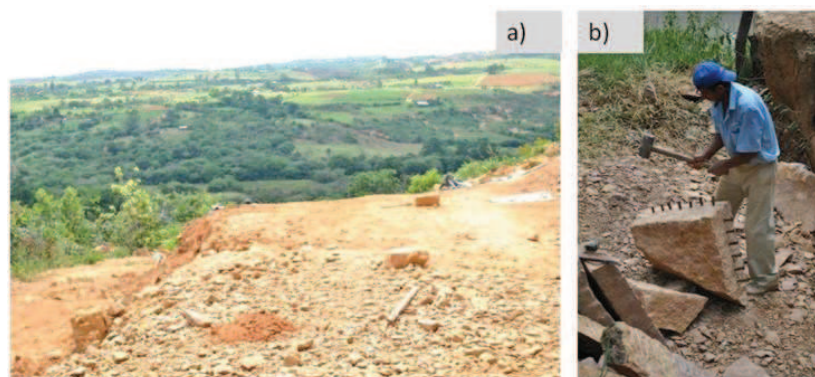


Figura. 1. Cambios en el paisaje (a) , actividad de explotación manual sin medidas de mitigación (b)

El principal residuo luego de la extracción de las lajas corresponde a bloques de dimensiones variadas y a material de tamaño promedio 4.75 mm, ambos no aprovechables para los usos anteriormente descritos. Surge entonces la iniciativa del aprovechamiento de esta piedra en la producción de materiales para la construcción tales como morteros y concretos. Este artículo se centra en el análisis mecánico de morteros preparados con residuos de la explotación manual de la piedra Barichara, ofreciendo con ello, otras opciones de subsistencia a la comunidad.

1.1. Generalidades del mortero

La construcción y las actividades que la sostienen representa un renglón económico importante en Colombia [2] y puede asegurarse que en el mundo, convirtiéndose en una fuente de empleo para muchos [3]. El mortero, que es un material de construcción, se produce mediante la mezcla de cemento, agua, arena y en ocasiones aditivos que le confieren propiedades especiales. El alto consumo de agregados naturales y de agua motiva a la producción de morteros que ambientalmente exijan menos recursos naturales [4]. Por esta razón, han surgido estudios en los que se reemplaza, por ejemplo, el cemento por ceniza en proporciones hasta del 60 % [5] y en otros la arena [6] con el fin de lograr morteros modificados de buenas especificaciones. Los morteros se clasifican según las proporciones de cemento y arena, principalmente, en cantidades dosificadas según el uso [7]. Usualmente, se trabaja con dosificaciones 1:n, queriendo representar la cantidad de cemento: arena. En este caso, la relación 1:1 corresponde a morteros ricos con resistencias del orden de 16 MPa.

2. Metodología seguida en el estudio

En este estudio se elaboraron cuatro tipos de mortero utilizando arena de río y tres tipos de arena proveniente de talleres de explotación en Barichara (Figura 2). En ambos casos, se hace necesaria la verificación de normas de calidad de este material para aprovechamiento en construcción. Los pasos seguidos se describen a continuación:



Figura. 2. Extracción manual de la piedra (a), ajuste del material (b), separación del material según canteras (c), granulometría (d), clasificación por tamaños (e), preparación de mortero (f), encofrado en moldes (g).

2.1. Caracterización de los materiales granulares

Según la norma I.N.V. 323-07, se clasifica como arena aquel material que pasa al tamiz No. 16. Este material se somete a los ensayos de:

- Granulometría de agregados gruesos y finos (INV. E-213)
- Gravedad específica y absorción de los agregados finos (INV. E-222)
- Equivalente de arena (INV. E-133)

2.2. Caracterización del material cementante

El cemento disponible en la región es el Portland tipo I. A este material se le realizan los ensayos de gravedad específica y tiempo de fraguado. La densidad del cemento se usa para determinar la calidad de este material, así mismo también para establecer la cantidad de material cementante usada en las mezclas de concreto como de mortero.

2.3. Verificación de la resistencia mecánica del mortero preparado con cemento hidráulico

Para ello se sigue la norma I.N.V. E-323, en la cual se recomienda la preparación de morteros con dosificación 1:1 de cemento y arena y una relación agua-cemento de 0.45. Estos morteros se desencofran de sus moldes y se colocan en una pileta para curado por inmersión. Se procede a preparar cuatro tipos de mezclas con especímenes que permitan verificar la resistencia mecánica a las 24 hs, 3 días, 7 días y 28 días. Para ensayar los cubos se usa la prensa hidráulica y la mordaza para cubos.

3. Resultados obtenidos

3.1. Con respecto al material granular

El material granular extraído de Barichara fue sometido a pruebas convencionales para verificación de calidad en morteros y concretos. Esto implicó el ajuste de tamaños mediante trituración, de lo cual se logró identificar material grueso y material fino. Sin embargo, el aprovechamiento del material grueso como triturado para concretos fue descartado por cuanto el desgaste en la máquina de Los Ángeles del mismo arrojó valores por encima de 67.20%, lo cual está fuera de las normas de calidad. Se observó también, que producto de la trituración mecánica se generaba un porcentaje significativo de material fino, al cual se le realizó la granulometría correspondiente que se demuestra en la figura 3.

En este caso, el comportamiento de los materiales provenientes de Barichara presentan una distribución de tamaños por encima y por debajo de 0.6 mm, lo que permite reconocer una gradación que favorece la preparación de los morteros. Se destaca también que la gravedad específica de los muestras Barichara osciló entre 2.56 g/cm³ y 2.70 g/cm³, mientras que las testigo arrojaron 2.71 g/cm³; en todos los casos los valores de la gravedad específica correspondieron a gravedades de las arenas utilizadas para mortero en la región.

3.2. Con respecto al cemento

La gravedad específica del cemento fue de 2,75 g/cm³ que corresponde a las condiciones regulares de cementos producidos en la región. El comportamiento del tiempo de fraguado arrojó un tiempo de fraguado inicial a 200 min, lo cual también es consistente con lo esperado en este tipo de cemento, indicando aceptación del uso del mismo para morteros y concretos.

3.3. Con respecto al comportamiento a compresión de los morteros preparados

Los morteros preparados con arena proveniente de río (testigo) a los 24 hs y 3 días arrojaron resistencias superiores a los morteros preparados con arenas de Barichara (Taller, Blanca y Roja). Sin embargo, a los 7 días, la resistencia mecánica de los morteros preparados con arena Barichara blanca superaron la resistencia del testigo en 8.1%.

Se destaca que en todos los casos la resistencia mecánica fue superior a los 18 MPa a los 7 días y por ende se esperan resistencias superiores a los 28 días. Con estos resultados se comprueba la viabilidad del uso de la piedra Barichara triturada para morteros (Figura 4).

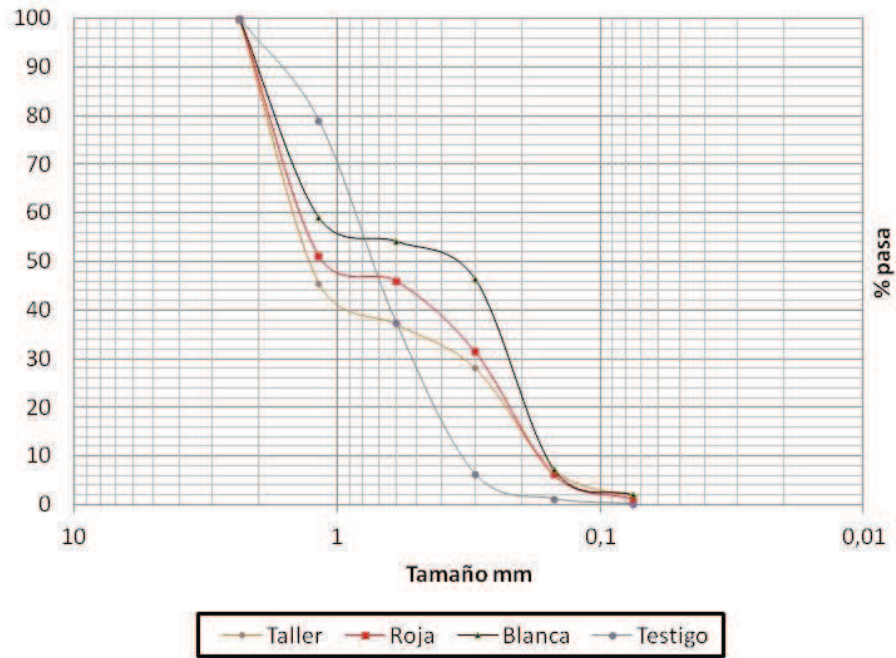


Figura. 3. Curva granulométrica del material pétreo empleado en la preparación de morteros

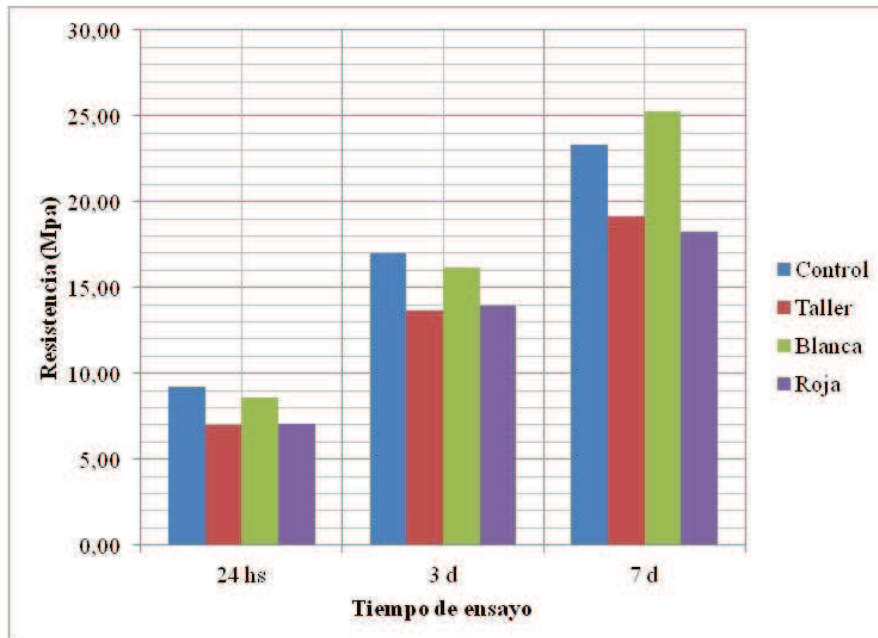


Figura. 4. Ensayos a compresión de los especímenes de mortero

4. Conclusiones

El mortero pobre tiene resistencia mecánica entre 3 y 7.5 MPa a los 28 días. En este caso, los morteros preparados presentaron resistencias en este rango a las 24 hs y se esperan resistencias superiores a los 28 días. Se está valorando la relación beneficio costo de la trituración y se están estableciendo las labores de mitigación ambiental que permitan una explotación sostenible de la piedra en donde la comunidad acoja medidas de seguridad industrial y salud ocupacional que las beneficien.

Agradecimientos

A la Dirección General de Investigaciones, a Ecopetrol ICP en el convenio de colaboración con la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga 2013 y a la comunidad de Barichara y Villanueva, al señor Antonio Sarmiento por el servicio de trituración y a la señora Paulina Becerra propietaria de las canteras, al Escultor Miguel Angel Viviescas dueño del taller artesanal.

Referencias Bibliográficas

- [1] <http://www.barichara-santander.gov.co/>, Información General, 4 de febrero de 2013, accesado 16 de junio de 2013.
- [2] Serrano Guzmán, M.F., Pérez Ruiz, D.D., Barajas Alvarado, C. A., Oquendo Vargas, D.C. (2012). “Beneficios del uso de agregados no convencionales en mezclas de concreto”. Revista Técnica Cemento Hormigón. N° 951, Julio-Agosto, 2012.
- [3] DNP, Departamento Nacional de Planeación (2010), República de Colombia, Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014, pp. 860.
- [4] Serrano Guzmán, M.F., Pérez Ruiz, D.D., Sarmiento Garcés, C. O., Grammes, F. (2012). “Evaluación de las propiedades mecánicas de morteros modificados con ceniza proveniente de la desorción térmica de aguas de la industria petrolera”. Revista Técnica Cemento Hormigón. N° 955, Marzo-Abril, 2013.
- [5] Kearsley, E.P. y P.J. Wainwright. “The effect of high fl y ash content on the compressive strength of foamed concrete”. Cement and Concrete Research, vol. 31, pp. 105-112, 2001.
- [6] Thokchom, S., P. Ghosh y S. Ghosh. “Performance of Fly ash based Geopolymer Mortars in Sulphate Solution”. Journal of Engineering Science and Technology Review, vol. 3, n° 1, pp. 36-40, 2010.
- [7] American Societe for Testing and Materials. ASTM C-270-02 (2002). Standard Specification for Mortar for Unit Masonry.

Codigestión anaerobia de residuos sólidos orgánicos y lodos residuales para la generación de bioenergía

Arodí Bernal Martínez, Claudia Virginia Carranco Resendiz, Germán Cuevas Rodríguez

Universidad de Guanajuato, División de Ingenierías. Departamento de Ingeniería Civil. Av. Juárez # 77 Col. Centro CP 36000. Guanajuato, Guanajuato. 4731020100 Ext. 2292. arodiberna@ugto.mx

Resumen

La codigestión anaerobia se plantea como una alternativa para lograr una mejor disposición de diferentes tipos de lodos y residuos sólidos orgánicos. Las mezclas adecuadas de sustratos pueden mejorar el perfil del proceso y a aumentar la producción de energía. Por lo que, en esta propuesta se plantea emplear la codigestión anaerobia como alternativa para mejorar la producción de biogás. El trabajo se divide en tres etapas. La primera consistió en el muestreo y caracterización de lodos primarios (LP) provenientes de una Planta para el Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), y los residuos sólidos orgánicos (RSO) constituidos principalmente de: papaya, mango y plátano. Posteriormente, se implementaron dos sistemas; un reactor control (LP), y el segundo un reactor de codigestión (proporción 4:6, LP:RSO). Los sólidos suspendidos volátiles (SSV) en el influente fueron en promedio de 22.7 g/L para el control, y 26.1 g/L para el codigestor. En tanto, para el efluente se obtuvo un promedio de 11.4 g/L y 16.7 g/L respectivamente. El pH se encuentra dentro de los valores normales (7.5 a 7.8) para la digestión anaerobia, el contenido de ácidos grasos volátiles (AGV's) fueron cercanos a 0.3 mg/L, y una alcalinidad de 1500 mgCaCO₃/L. En cuanto a la producción de biogás fue detectado un marcado aumento en volumen de biogás en el reactor de codigestión (de 3 a 4.8 L por día). En conclusión, la codigestión fue eficiente en la producción de biogás, fue detectado un incremento del 60 por ciento, con respecto al reactor control. La mezcla de los RSO con los LP fue la adecuada.

Palabras Clave: *Codigestión anaerobia, residuos sólidos orgánicos, bioenergía.*

1. Introducción

La codigestión, se utiliza para expresar la digestión anaerobia conjunta de dos o más sustratos de diferente origen. La ventaja principal radica en el aprovechamiento de la sinergia de las mezclas, compensando las carencias de cada uno de los sustratos por separado. La codigestión de residuos orgánicos de diferente origen, ha resultado una metodología exitosa tanto en régimen termofílico como mesofílico [1]. Se han conseguido buenos resultados para mezclas de residuos ganaderos con varios tipos de residuos de la industria de la carne y mataderos, ricos en grasas, consiguiendo altas producciones de metano, del orden de 47 m³/tonelada de residuo introducido. También se han conseguido buenos resultados con la codigestión de lodos de las plantas para tratamiento de aguas residuales y la fracción orgánica de residuos municipales [2], la mezcla de estos últimos con aguas residuales urbanas [3], y la codigestión de lodos residuales y residuos de frutas y verduras [4]. Los residuos urbanos e industriales acostumbran a contener altas concentraciones de materia orgánica fácilmente degradable, por lo cual presentan un mayor potencial de producción de biogás que los residuos ganaderos, pudiendo llegar a 1000 m³ de biogás por tonelada de residuo [5]. La codigestión se plantea como una alternativa para lograr una mejor disposición de estos tipos de lodos. Por lo que, en esta propuesta se plantea emplear la codigestión anaerobia de residuos sólidos orgánicos en

conjunto con los lodos residuales de una planta de tratamiento de aguas residuales. Las mezclas adecuadas contribuyen a mejorar el perfil del proceso y a aumentar las producciones específicas de energía, y a tratar residuos que, por separado, tendrían dificultades para su valoración.

2. Desarrollo

El trabajo se divide en dos etapas. La primera consistió en el muestreo y caracterización de lodos primarios provenientes de una PTAR, y los residuos orgánicos constituidos principalmente de: papaya, mango y plátano. Ambos sustratos fueron caracterizados fisicoquímicamente [6]. La segunda etapa consistió en la implementación de dos sistemas de digestión anaerobia, el primero consistió en un bioreactor anaerobio de 3 litros de volumen útil, el cual sólo fue alimentado con lodos residuales y al cual identificaremos como reactor control, y el segundo, un reactor de codigestión anaerobia, el cual fue alimentado con una mezcla LR:RSO en una relación 4:6. En la tabla 1, se presentan las características de las alimentaciones para ambos sistemas.

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica de la alimentación del reactor control y reactor de codigestión anaerobia.

Parámetros	Control	Codigestor
DQO _T g/L	58.02±2.27	53.26±9.5
DQO _S g/L	41.36±4.43	41.95±4.94
SST g/L	58.54±15.6	54.3±15.7
SSV g/L	22.7±5.7	26.1±5.9
%ST	5.31±1.41	4.95±1.48
%SV	36.96±8.7	49.9±5.2
pH	6.75±0.17	6.7±0.5
Alcalinidad mgCaCO ₃ /L	1228.5±7.5	1320.5±47.8
AGV's mg/L	268±60	374±130
%C	14.77±2.8	16.62±3.18
%MO	25.46±4.8	28.65±5.5

Ambos reactores operaron en condiciones anaerobias, y con una carga orgánica de 0.68±0.01 gSSV/L*d para el control y de TRH de 30±0.1 días y para el reactor de codigestión de 0.74±0.02 gSSV/L*d, con un TRH de 30±1.2 días. En la tabla 2, se presentan las condiciones de operación controladas en estos dos sistemas. Lo que se puede observar que ambos sistemas fueron controlados para tener las mismas condiciones, para de esta manera determinar el efecto de la codigestión.

Tabla 2. Condiciones de operación en los bioreactores (Control y Codigestión).

	Caudal influyente (mL/d)	Caudal efluente (mL/d)	CO gSSV/L*d	TRH días
Control	90.3±3.3	93.5±4.7	0.68±0.01	30±0.1
Codigestión	85±7.4	85±7.4	0.74±0.02	30±1.2

Para el análisis de resultados se calcularon las eficiencias de eliminación para los SSV. Fue monitoreado el pH, la alcalinidad total y los AGV's (ácidos grasos volátiles) y la producción de biogás. El muestreo en los sistemas fue realizado cada semana, así como el cambio de alimentación.

3. Resultados

En la tabla 3, se presentan los resultados de la eliminación de la DQOT en el reactor control (digestión anaerobia) y el codigestor anaerobio. En el control fue alcanzada una eliminación de la DQOT del 52.2 por ciento y en el codigestor anaerobio se obtuvo un 65.5%. Lo cual indica que el codigestor fue mejor en su funcionamiento, de acuerdo a [7], el proceso de codigestión debe de mejorar el sistema, lo cual resultó en el sistema implementado.

Tabla 3. Porcentaje de eliminación de DQO_T de los sistemas control y codigestión.

Etapa	Tiempo de operación (Días)	% ELIMINACIÓN DQO_T					
		Control			Codigestión		
		Mín.	Máx.	Promedio	Mín.	Máx.	Promedio
Arranque	0-180	23	52	30.3	28	51	36.8
Estabilización	180-360	41	71	52.2	41	58	65.5

En la figura 1, se muestra una comparación en los porcentajes de eliminación de los SSV en los dos sistemas (control y codigestión). La concentración de SSV en el influente fue en promedio de 22.7 g/L y 26.1 g/L respectivamente. En tanto para el efluente se obtuvo un promedio de 11.4 g/L y 16.77 respectivamente. Lo cual representa un 49.8 por ciento de eliminación para el reactor control y un 36.3 % para el codigestor anaerobio. Estos porcentajes fueron los adecuados para la digestión anaerobia de lodos, ya que de acuerdo a [8], mencionan que un sistema anaerobio se encuentra estabilizado una vez que son alcanzados eliminaciones entre el 50 y 70 por ciento

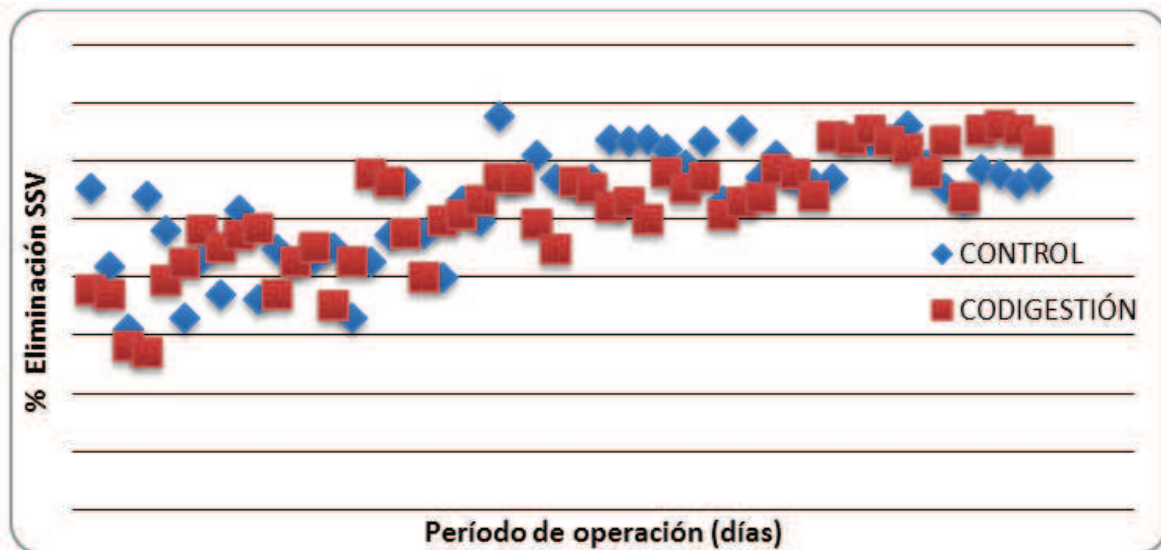


Figura 1. Comportamiento de los SSV en los dos reactores (Control y Codigestión).

En la tabla 4, son mostrados las concentraciones de SSV, el pH, la alcalinidad, el porcentaje de eliminación de AGV's y la producción de biogás. El porcentaje de eliminación de SSV fue del aproximadamente el 50 por ciento en el reactor control, en tanto para el sistema de codigestión, se obtuvo sólo el 36 %. El pH en el efluente en los dos sistemas se mantuvo en 7.7, esto se encuentra dentro de los valores normales para la digestión anaerobia [9], el contenido de AGV's también se encontró dentro de los intervalos normales al eliminarse el 56% en el reactor control y 42% en el codigestor. La alcalinidad estuvo en valores de 1750 mg/L para el control y 1200 mg/L en el codigestor anaerobio. En cuanto a la producción de biogás fue detectado un marcado aumento en volumen de biogás en el reactor de codigestión, el cual generó 4.8 L/d y en el reactor control de 3 L/d.

Tabla 4. Parámetros de control en los reactores de digestión anaerobia y eficiencia de eliminación de SSV.

	SSV influent g/L	SSV efluente g/L	% Eliminación SSV	pH	% E AGV's	Alcalinidad mgCaCO ₃ /L	Biogás L/d
Control	22.7±2.8	11.4 ±1.7	49.8±4.6	7.7±0.24	56±6.9	1750±50	3±0.1
Codigestión	26.1±4.6	16.7±3.8	36.3±3.8	7.7±0.06	42±2.3	1200±30	4.8±1.2

4. Conclusiones

La codigestión fue eficiente en la producción de biogás, fue detectado un incremento del 60 por ciento, con respecto al reactor control. El porcentaje de eliminación de SSV estuvo en un 40 por ciento y en el reactor control fue del 50 %. La producción de biogás fue de 4.8 L/d para el sistema de codigestión y 3 L/d para el proceso de digestión anaerobia. La mezcla de los residuos orgánicos con los lodos residuales hasta el momento ha sido la adecuada, no fue mostrada acidificación hasta el momento.

Referencias Bibliográficas

- [1] Brinkman J. Anaerobic digestion of mixed waste slurries from kitchens, slaughterhouses and meat processing industries. *Proceedings of the II International symposium on Anaerobic Digestion of solid waste*. Barcelona, Junio de 1999. 190-191.
- [2] Di Palma L., Medici F., Merli C., Petrucci E. Optimizing gas production in the anaerobic codigestion of the organic fraction of solid waste from markets. *Proceedings of the II International symposium on Anaerobic Digestion of Solid Waste*. Barcelona. 1999, 184-189.
- [3] Deublein D., Steinhäuser A. *Biogas from Waste and Renewable Resources: An introduction*. Wiley-VCH editors Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. 2008. 447 págs.
- [4] Cendales E. Producción de biogás mediante la codigestión anaeróbica de la mezcla de residuos cítricos y estiércol bovino para su utilización como fuente de energía renovable. Tesis para grado de Magister en Ingeniería Mecánica. Universidad nacional de Colombia. Bogotá, D.C., 2008. Colombia.
- [5] Cerón O., Millán S., Espejel F., Rodríguez A., Ramírez R. Aplicación de lodos de las plantas potabilizadoras para elaborar material de construcción. *Memorias XI Congreso Internacional y Nacional de Ciencias Ambientales*. 7- 9 Junio 2006. Morelos México.
- [6] APHA, AWWA, WPCF. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20a ed. 1998. Washington, EUA.
- [7] Tchobanoglous G. and Crites R. (2000). *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones*. Edit. McGraw Hill.
- [8] Metcalf and Eddy (2003). *Wastewater engineering: treatment and reuse*. 4th ed. McGraw-Hill, New York, USA.
- [9] Márquez F. (2005). Estudio del tratamiento de lodos provenientes de pisciculturas mediante un sistema de digestión anaerobia. Tesis para grado de licenciado en Ciencias de la Ingeniería, Universidad católica de Temuco, Chile.

Evaluación del efecto de las bolsas de plástico en suelo utilizando una especie vegetal indicadora

Maribel Velasco-Pérez, Beatriz A. García-García, Alethia Vázquez-Morillas, Margarita Beltrán-Villavicencio

Universidad Autónoma Metropolitana. Av. San Pablo 180 Col. Reynosa Tamaulipas, Azcapotzalco, D.F. México. C.P. 02200, 01 55 53189057, mvp@correo.azc.uam.mx

Resumen

Aunque la presencia de residuos plásticos es cada vez mayor en el ambiente, en México no existen normas para evaluar su impacto en las especies vegetales. En este trabajo se evaluó el efecto de un plástico convencional (PEBD) y un plástico biodegradable (PLA) en el crecimiento del pasto Royal. Las semillas de pasto se sembraron en sustratos con un concentración de plástico del 0.35 % m/m. Se evaluaron cuatro sustratos: suelo natural (SN); composta (C); mezcla de suelo natural y composta (SN-C); y mezcla de suelo natural, composta y aragonita (SN-C-A). Los plásticos se añadieron en películas de 1 cm × 1 cm. Cada plástico se evaluó con tres unidades experimentales y tres testigos (unidades experimentales sin plástico). El pasto se cosechó a los 21 días de que emergieron el 50% las plántulas y a los 90 días de la siembra. Los sustratos no sufrieron cambios fisicoquímicos debidos a la presencia de los plásticos. En la primera cosecha, el promedio de la generación de biomasa fue mayor en los sustratos C, SN-C y SN-C-A que no contenían plástico (testigos). En la segunda cosecha, no se observa una tendencia clara en la generación de biomasa seca en las unidades experimentales con y sin plástico. También, el PEBD y el PLA influenciaron el desarrollo de las raíces en el pasto Royal. Hubo floración únicamente en las unidades experimentales con plásticos. En conclusión, se observó que el PEBD y PLA interfieren en el desarrollo del pasto.

Palabras Clave: *ácido poliláctico (PLA), generación de biomasa, pasto Royal, polietileno de baja densidad (PEBD)*

1. Introducción

Es difícil imaginar el estilo de vida actual sin los plásticos. En el 2011, se consumieron en México 5 millones de toneladas de estos materiales, de las cuales alrededor de 4 millones se produjeron en México [1]. Esto condujo a una generación de 4.5 millones de toneladas de residuos plásticos [2]. Las grandes cantidades generadas de residuos plásticos junto con la alta estabilidad de este material ha ocasionado su acumulación en el ambiente.

Con el fin de disminuir el impacto que tiene la acumulación de diversos materiales plásticos se han tratado de implementar medidas como el reciclaje, la recuperación de energía y el desarrollo de materiales plásticos novedosos. Entre estos últimos están los llamados plásticos degradables. Éstos pueden provenir de fuentes renovables de biomasa (biobasados) o del petróleo. Los plásticos biobasados pueden ser biodegradables o no biodegradables. El ácido poliláctico (PLA) es un plástico biobasado. Los plásticos oxodegradables, son plásticos convencionales fabricados a partir del petróleo con un aditivo químico (1% m/m) que favorece su oxidación una vez que son desechados [3].

En México no existen normas para la certificación de la biodegradabilidad de materiales plásticos, por lo que es importante evaluar la toxicidad de los plásticos convencionales, degradables y biobasados, porque su uso va en aumento. En este proyecto se realizó un estudio ecotóxico para evaluar los impactos de estos materiales en el suelo y en el desarrollo de una especie vegetal indicadora.

2. Desarrollo

El trabajo se desarrolló en las siguientes etapas experimentales: evaluación de la tasa de germinación para la semilla de la especie vegetal utilizada (pasto Royal), preparación de los sustratos a utilizar en las pruebas de ecotoxicidad, siembra y cosecha de la especie vegetal, y evaluación de la ecotoxicidad.

Las semillas de pasto Royal se sembraron en un cuatro diferentes sustratos mezclados con plástico (0.35 % m/m de plástico) en macetas (unidades experimentales) de 2kg de capacidad. Este experimento se realizó con un testigo (unidad experimental sin plástico). Se hicieron dos cosechas, una a 21 días de que emergieron el 50% de plántulas en los testigos y otra a tres meses de la siembra. Para cada cosecha se evaluaron tres réplicas.

2.1. Viabilidad y tasa de germinación de la especie indicadora

La primera etapa de la experimentación consistió en la evaluación de la viabilidad y la tasa de germinación de las semillas de pasto Royal [4]. El pasto Royal se eligió como especie vegetal para evaluar la ecotoxicidad de los plásticos porque crece rápido y es muy resistente a temperaturas extremas. Para evaluar la viabilidad, se cubrió el fondo de tres cajas Petri con una capa de algodón y se colocaron 20 semillas de pasto Royal por cada caja. Finalmente, se colocaron las cajas Petri en una incubadora a 30°C durante 15 días. La tasa de germinación se calculó dividiendo el número de semillas que germinaron entre las semillas totales, y multiplicando este número por 100.

2.2. Preparación de los sustratos

Se utilizaron cuatro distintos sustratos para eliminar el efecto ocasionado por la variabilidad en sus propiedades físicas y químicas. Los sustratos se prepararon mezclando en diferentes proporciones suelo natural obtenido de la UAM-Azcapotzalco, composta producida en la planta de compostaje de la UNAM en Ciudad Universitaria y arena obtenida comercialmente (Aragonita). La composición de los cuatro sustratos utilizados se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1, Composición de los sustratos utilizados en las pruebas de ecotoxicidad

Sustrato	Relación másica		
	Suelo natural (SN)	Composta (C)	Arena (A)
SN	1	0	0
SN-C	25	1	0
SN-C-A	1	1	1
C	0	1	0

2.3. Preparación de los plásticos

Se seleccionaron los plásticos polietileno de baja densidad (PEBD) y ácido poliláctico (PLA) para realizar las pruebas de ecotoxicidad; esto con la intención de comparar un plástico derivado de recursos no renovables (PEBD) con un plástico biobasado (PLA). Para el PEBD se usaron bolsas de la marca SANSÓN® y para el PLA bolsas de la marca Tierra Natural®. A las bolsas se les retiraron las partes que contenían algún tipo de tinta para evitar interferencias en la evaluación de ecotoxicidad. Posteriormente, ambos plásticos fueron cortados con una guillotina en cuadros de aproximadamente 1 cm por lado.

2.4. Caracterización de los sustratos

Con la finalidad de observar los cambios en los sustratos al final de la prueba, éstos se caracterizaron antes y después de la experimentación. El pH, la densidad aparente, y el contenido de materia orgánica se midieron tomando como referencia la norma oficial mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 [5]. La humedad a capacidad de campo se midió con medidor de humedad de suelos marca Lincoln.

2.5. Evaluación de la ecotoxicidad

La ecotoxicidad se evaluó cuantitativamente midiendo la longitud de la parte aérea, la raíz y la biomasa seca del pasto. De cada unidad experimental se tomaron diez mediciones, la longitud se midió con una regla y la biomasa seca se determinó secando el pasto a 60 °C hasta peso constante [6]. También se realizó una evaluación cualitativa, monitoreando la presencia de malformaciones en la parte aérea y la raíz del pasto.

3. Resultados

3.1. Viabilidad y tasa de germinación de la especie indicadora

La OECD establece que para considerar una semilla viable la tasa de germinación debe ser mayor al 50% [7]. La tasa de germinación del pasto Royal en algodón y a 15 °C fue menor al 25%, por lo que el experimento de viabilidad se repitió en suelo natural a temperatura ambiente. Las semillas germinaron en cuatro días y la tasa de germinación fue mayor al 50 %, por lo que el pasto Royal se consideró viable.

3.2. Caracterización de los sustratos

La caracterización del suelo reveló que no había cambios significativos en las propiedades del suelo al inicio y final de la primera cosecha. La tabla 2 muestra los análisis fisicoquímicos realizados a los diferentes sustratos usados en la siembra, de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000.

Tabla 2 Análisis fisicoquímicos a realizados a los sustratos que se utilizaron para la siembra.

Sustrato	Resultados		Interpretación	
	Inicio	Fin	Inicio	Fin
pH				
SN	7.4	7.5	Medianamente alcalino (7.4-8.5)	
SN-C	7.5	7.2	Medianamente alcalino (7.4-8.5)	Neutro (6.6- 7.3)
SN-C-A	7.4	7.5	Medianamente alcalino (7.4-8.5)	
C	7.4	7.5		
Densidad aparente				
SN	0.73 g/cm ³	0.76 g/cm ³	Tipo de suelo orgánico y volcánico	
SN-C	0.76 g/cm ³	0.74 g/cm ³		
SN-C-A	0.76 g/cm ³	0.92 g/cm ³		
C	0.77 g/cm ³	0.57 g/cm ³		
Humedad a capacidad de campo				
SN	100 %	100 %		
SN-C	100 %	100 %		
SN-C-A	100 %	100 %		
C	100 %	100 %		
Contenido de materia orgánica				
SN	4.78 %	7.89 %	Bajo	Medio
SN-C	10.77 %	10.5 %	Medio	
SN-C-A	10.56 %	10.71 %		
C	24.13 %	11.96 %	Muy alto	Alto

SN: suelo natural, SN-C: suelo natural-composta, SN-C-A: suelo natural-composta-arena, C: composta

3.3. Evaluación de la ecotoxicidad

Evaluación cuantitativa

En la figura 1 se muestra el promedio de la longitud del pasto (parte aérea y raíz) para el PLA y PEBD en la primera (figura 1a) y la segunda cosecha (figura 1b). En la primera cosecha la longitud del pasto es considerablemente mayor para el sustrato composta (C). Sin embargo, para la segunda cosecha la longitud del pasto es similar para los cuatro sustratos. En la figura 1b, también se puede apreciar que la longitud promedio es muy similar para los testigos (sin plásticos), PLA y PEBD.

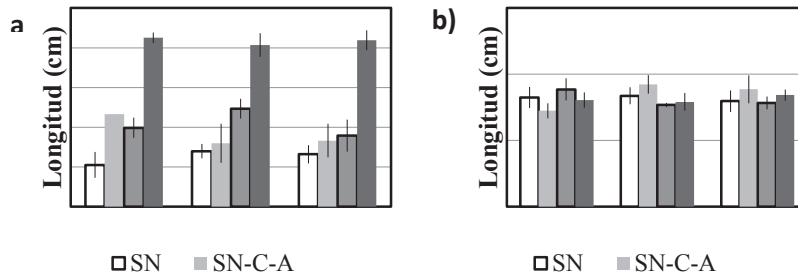


Figura 1. Longitud del pasto (parte aérea y raíz) en cm para a) la primer cosecha y b) la segunda cosecha. Plásticos: sin plástico (SP), ácido poliláctico (PLA) y polietileno de baja densidad (PEBD). Sustratos: suelo natural (SN), suelo natural-composta (SN-C), suelo natural-composta-arena (SN-C-A) y composta (C)

En la figura 2 se muestra la generación de biomasa seca (parte aérea y raíz) para la primer (figura 2a) y segunda cosecha (figura 2b). En la primera cosecha, en los sustratos SN-C-A, SN-C y C hubo mayor generación de biomasa en los testigos (sin plástico). En la segunda cosecha, no se observa una tendencia clara en la generación de biomasa seca en las unidades experimentales.

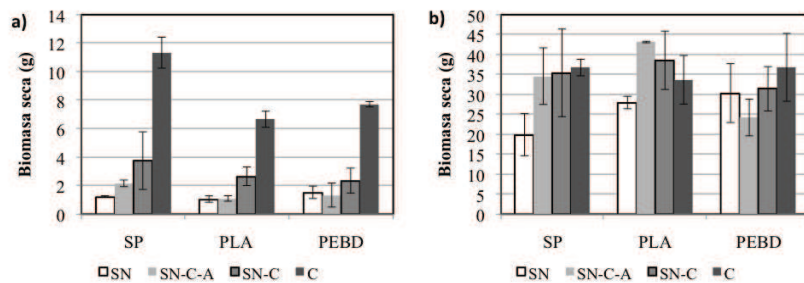


Figura 2. Biomasa seca del pasto (parte aérea y raíz) en g para a) la primera cosecha y b) la segunda cosecha. Plásticos: sin plástico (SP), ácido poliláctico (PLA) y polietileno de baja densidad (PEBD). Sustratos: suelo natural (SN), suelo natural-composta (SN-C), suelo natural-composta-arena (SN-C-A) y composta (C)

Evaluación cualitativa

No hubo diferencias aparentes en la evaluación cuantitativa de acuerdo al tipo de sustrato. En la primera cosecha las raíces del PEBD fueron más delgadas y abundantes que las del PLA. Las raíces se adherieron al PLA pero no al PEBD. En el testigo del sustrato composta las raíces se incrustaron en los trozos de madera. En la segunda cosecha se observó que las raíces atravesaron algunas de las placas de PLA. La parte aérea del pasto no desarrolló ninguna malformación evidente. El pasto floreció en las unidades experimentales con PLA y PEBD, pero no hubo floración en los testigos. Finalmente, no hubo cambios aparentes en los plásticos contenidos en los sustratos. La figura 3 muestra el desarrollo de las raíces del pasto para los sustratos con plástico.



Figura 3. Desarrollo de las raíces con plástico PLA a) y b), y PEBD c) y d)

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran que el PEBD y el PLA no son tóxicos en la concentración evaluada (0.35 % m/m) para el pasto Royal. La longitud y generación de biomasa seca del pasto (parte aérea y raíz) en la segunda cosecha son similares a los testigos (unidades experimentales sin plástico). Sin embargo, aunque no se afectó el desarrollo de biomasa, si hubo diferencias en el desarrollo de las raíces y la floración de las distintas unidades experimentales.

Es importante considerar que estos resultados se obtuvieron con plásticos de 1 cm² de área, en un tiempo corto y bajo condiciones ambientales controladas, que no reflejan el hecho de que la mayoría de las bolsas se disponen de manera no controlada. Éstas llegan al ambiente completas, aumentando su potencial de generar bloqueos mecánicos, de intercambio de gases y agua en el suelo. Las especies vegetales son perturbadas por el plástico cuando el crecimiento de sus raíces se bloquea y no pueden crecer con libertad. Por lo anterior, aunque los plásticos no resultaron tóxicos es indispensable controlar su disposición y evitar su llegada a los ecosistemas naturales.

Referencias Bibliográficas

- [1] ANIPAC (Asociación Nacional de Industrias de Plástico, A.C.). *Anuario estadístico 2012*. 2012. México, D.F.
- [2] INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2011 (Diciembre 2011). <http://www.inwgi.org.mx/sistemas/sisept/default.aspx?mamb28&c=21654&s=est>
- [3] Ganem, A., “En el ojo de la OXO controversia”. *Ambiente plástico*. Vol. 36. 2009. pp. 68-70.
- [4] UPCT (Universidad Politécnica de Cartagena). 2008 (Octubre, 2011). <http://ocw.bib.upct.es/course/view.php?id=86&topic=4>
- [5] SEMARNAT. *NOM-021-SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis*. 2002. México, D.F.
- [6] SEMARNAT. “*NMX-AA-16-1984 protección al ambiente -contaminación del suelo – residuos sólidos municipales - determinación de humedad*”. 1984. México, D.F.
- [7] OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). *Terrestrial plant test 208: seedling emergence and seedling growth test*. 2006.

Propuesta de localización de una estación de transferencia para el manejo integral de Residuos Sólidos Municipales (RSM) en el municipio de Lerma, Estado de México

¹Juan Roberto Calderón Maya, ²Héctor Campos Alanís, ³Ana María Marmolejo Uribe

^{1,2 y 3} Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Planeación Urbana y Regional. Mariano Matamoros s/n casi esq. Paseo Tollocan, Colonia Universidad, CP 50130, Toluca, Estado de México. Teléfono: 7222194613 ext. 108.

jrcalderonm@uaemex.mx

Resumen

Uno de los retos más importantes que enfrenta actualmente México es la disposición adecuada e integral de sus Residuos Sólidos Municipales (RSM) en cada una de las fases, por las siguientes razones. Primera, los RSM manejados incorrectamente, provocan la proliferación de enfermedades y la contaminación del agua y del aire. Segunda, la cantidad de RSM en México continúa creciendo. Tercera, actualmente existen muy pocas instalaciones de centros de transferencia y rellenos sanitarios que pueden recibir, tratar y eliminar adecuadamente los residuos. Y cuarta, ha habido muy poca inversión para el desarrollo de instalaciones que contribuya al manejo adecuado de los mismos. Se selecciona al municipio de Lerma, Estado de México, que es uno de los municipios metropolitanos del Valle de Toluca, y el objetivo es identificar los problemas asociados a cada una de las etapas del manejo actual de los RSM para proponer la localización de una estación de transferencia, que coadyuve al mejoramiento del actual proceso de gestión.

Palabras Clave: *Instalaciones no deseables, rellenos sanitarios, Valle de Toluca.*

1. Introducción

Dentro del amplio espectro de temas que guardan relación con una problemática de tanta actualidad como la protección del medio ambiente y de la población, la gestión de los Residuos Sólidos Municipales (RSM) ocupa un lugar principal dentro de la gestión ambiental. Esta gestión integrada es el término aplicado a todas las actividades asociadas con el manejo de los diversos flujos de residuos sólidos municipales dentro de la sociedad; y su meta básica es administrar los residuos sólidos municipales de una forma que sea compatible con el medio ambiente y la salud pública. El término "residuo" ha significado, y para la mayoría de la población, aún significa algo despectivo, algo que carece de valor y de lo que hay que deshacerse, lo que se convierte en un estorbo y es causa del problema de cómo realizar una gestión adecuada de los Residuos Sólidos Municipales (RSM) de las ciudades. Esta primera parte de su extenso haga una breve introducción a su trabajo, sin extenderse en conceptos bien conocidos por todos. Las sociedades podrían ser juzgadas por la forma de disponer de la basura que generan. Para las heterogéneas localidades que habitan el Valle de Toluca y en concreto el municipio de Lerma, zona de este estudio, esto es particularmente cierto, ya que la actual gestión de los RSM que padece, refleja el tradicional sistema político y administrativo mexicano. Así, detrás de la aparente funcionalidad del manejo de residuos sólidos, existen relaciones de grupos de poder para los que los residuos sólidos es un botín político y económico. Éstos se han constituido en un serio obstáculo para poder diseñar estrategias de largo plazo en el manejo de los residuos sólidos, pero cada uno es pieza fundamental para que "todo siga en orden y las localidades se conserven limpias

2. Residuo Sólido (RS)

Hay que tener bien claro que un Residuo Sólido (RS) se define como un material que no representa una utilidad o un valor económico para el dueño, pero para otros si lo es, por ende, el dueño se convierte en generador de residuos. El RS se puede clasificar de varias formas, tanto por su estado, su origen o su composición y características (Tchobanoglous, 1998).

2.1. Clasificación de Residuos Sólido (RS) por fuente de origen

La clasificación de los Residuos Sólidos (RS) por fuente de origen se puede definir por la actividad que lo origine, esencialmente es una clasificación sectorial, estos son:

- Residuos municipales.
- Residuos industriales.
- Residuos mineros.
- Residuos hospitalarios.

Sin embargo, a partir del uso del suelo y la localización de la generación de residuos sólidos, existe una clasificación conforme a sus orígenes (Tchobanoglous, 1998): Doméstico, Comercial, Institucional, Construcción y demolición, Servicios municipales, Zonas de plantas de tratamiento, Industrial (no peligrosos) y Agrícola.

2.2. Clasificación por tipo de manejo

Se puede clasificar un residuo por presentar algunas características asociadas al manejo que debe ser realizado. Desde este punto de vista se pueden definir tres grandes grupos:

- Residuo peligroso.
- Residuo inerte.
- Residuo no peligroso.

2.3. Zona de estudio

De acuerdo a datos proporcionados por la 5ª Regiduría del H. Ayuntamiento Constitucional de Lerma, la recolección de RS en el municipio de Lerma, Estado de México, se hace de manera mecanizada a través de un plano de rutas. En la actualidad el Ayuntamiento cuenta con 15 unidades de las cuales 7 son camiones de 10 toneladas y son 8 camionetas de 3/2 tonelada.

El servicio de recolección de basura es prestado en su mayoría con camiones propios, sin embargo al enfrentarse a la problemática de no poder dar cobertura total a la ciudadanía, recurre al servicio concesionado para obtener mayor cobertura y así satisfacer las demandas reales de los habitantes. Cabe aclarar que no todos los segmentos de las zonas del municipio están cubiertos con este servicio, debido a los accesos que tienen algunas colonias, por lo que existen algunos habitantes que queman la basura, contribuyendo a la contaminación atmosférica.

En el municipio se recolectan aproximadamente 100 toneladas diarias de basura, siendo el lunes generalmente el día que se presta el servicio. Cabe precisar que los principales RS son: PET (25%), cartón (10%), basura orgánica (35%), uncel y polietileno (20%) y residuos sin clasificación (10%).

El barrido manual se realiza en 11 comunidades y cabecera municipal como son; San Francisco Xochi, La Concepción Xochi, Santiago Analco, Santa María Atarasquillo, Santa María Tlalmimilolpan, Santa Catarina, San Mateo Atarasquillo, San Nicolás Peralta, Cañada de Alférez, San Miguel Ameyalco, San Pedro Tultepec y la cabecera municipal, de las cuales el barrido manual es de 316.53 m² de recolección x día.

Cabe destacar que la basura generada por el municipio es llevada al relleno sanitario de San Miguel Mimiapan Municipio de Xonacatlán (a 20 km. De Lerma); mientras que para la zona industrial, donde los residuos son de alto riesgo, se contrata el servicio a empresas especializadas que se dedican a retirar estos residuos de sus industrias

A pesar de que el Ayuntamiento presta el servicio de recolección de basura, la población continúa arrojando los RS en las vialidades, lotes baldíos, barrancas y ríos, trayendo consigo contaminación, obstrucción en las coladeras y por consiguiente algunas inundaciones.

Para el desarrollo de la presente investigación, se delimitó la zona de estudio en función de la cantidad de población, la localización del corredor comercial (sobre todo restaurants) y equipamientos urbanos existentes (ver figura 1). La superficie del polígono de la zona de estudio abarcara aproximadamente 10 km², lo que representa el 10% del total municipal.



Figura 1: Delimitación de la zona de estudio

Para definir la propuesta de localización de la estación de transferencia de los RSM en el municipio de Lerma, Estado de México, se delimitó una zona y población objetivo para hacer el muestreo de la composición de los residuos dentro de la zona de muestreo, los materiales utilizados fueron: 5 paquetes de bolsas plásticas medianas (costalitos), 2 diablitos, 2 paquetes de etiquetas, una báscula, 5 pares de guantes y cubre-bocas. La metodología utilizada fue a través de la técnica de la “observación participante” con el apoyo de la aplicación de un total de 150 encuestas (50 por cada fuente de origen).

El grupo de investigación se integró por tres profesores y 10 alumnos de la Licenciatura en Ciencias Ambientales de la Facultad de Planeación Urbana y Regional de la Universidad Autónoma del Estado de México, para visitar aleatoriamente: 15 casas, 15 comercios, un kínder y el mercado municipal.



Foto 1: alumno integrante del grupo de investigación

Se establecieron las rutas y horarios de recolección entre las 09:00 am y las 12:00 pm. Para el traslado de los residuos sólidos utilizamos diablitos que fueron útiles para la recolección. Posteriormente, el equipo gestionó en el centro de acopio municipal, una báscula para pesarlos. Para llevar un registro del peso de los materiales se utilizaron cuatro tablas diferentes (una dirigido a generados en casa-habitación, para comercios, escuelas y el mercado), se procesó la información y se representaron en gráficas.

3. Resultados y Discusión

Hay conceptos que constituyen el vocabulario esencial para presentar y analizar información referente a la generación de residuos, por ejemplo producción per cápita, densidad del residuo, porcentaje de un material respecto al total de los residuos, etc. A continuación se detallan algunas de estas definiciones y términos comúnmente utilizados en los cálculos y presentación de datos, por ejemplo, la producción per cápita, composición de los RS, cantidad diaria de residuos generados por habitante kg, población atendida por el servicio de recolección.

Los métodos más frecuentemente utilizados para caracterizar el flujo de residuos son: A partir de datos bibliográficos de Índices de Generación o a partir de datos medidos de densidades medias de RS dentro de una localidad.

Una de las técnicas más utilizada para realizar una buena caracterización del flujo de residuos es un muestreo representativo de los residuos generados. Este muestreo debe realizarse cuatro veces al año para contemplar las variaciones estacionales. Además, no se realizará en momentos en que ocurran situaciones excepcionales que afecten al flujo de RS.

Para el caso del presente estudio se utilizó la metodología mixta, basada en observación participante y trabajo de campo para lo cual se organizó un plan de muestreo representativo del estado de los RS en la zona, a partir de las siguientes etapas: Determinar la zona de muestreo, Analizar la situación socioeconómica de la zona elegida, Revisar la forma de recolección actual de los residuos y el fin que se le da a los mismos, Revisar, si existe, todas las formas de recuperación o reciclado actual, Definir un calendario de muestreo considerando las variaciones estacionales y establecer las categorías de los residuos que se van a muestrear.

El procedimiento de campo se realizó a partir de información obtenida de un muestreo estadístico aleatorio en campo, con duración de 7 semanas (Noviembre-Diciembre 2012) más 1 día de "operación purga", para cada uno de los estratos socioeconómicos de la población, así como las

fuentes de generación. Posteriormente se seleccionó el nivel de confianza con que se realiza el muestreo con base en el conocimiento de la población, calidad técnica del personal participante, facilidad para realizar el muestreo, características de la localidad a muestrear, etc. Se determinó el tamaño de la muestra, a partir del nivel de confianza seleccionado, se delimitó y ubicó el universo de trabajo (casas, comercios y escuela) en un plano actualizado y finalmente se hizo una micro-caracterización de la localidad, acorde con el estrato socioeconómico por muestrear. Los resultados obtenidos y procesados a partir del trabajo de campo, fueron los siguientes.

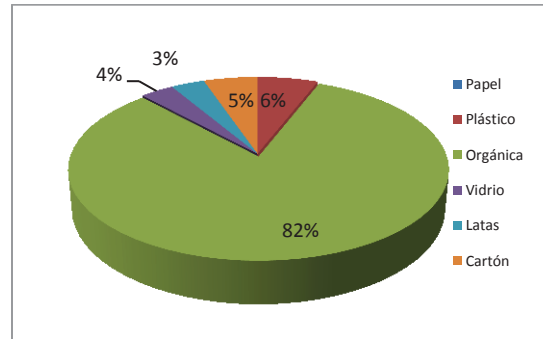


Figura 2: Porcentaje de residuos sólidos por fuente de origen de casa

En la figura anterior se puede observar que de la muestra utilizada, el mayor porcentaje (82%) que se genera en casa-habitación, es de tipo orgánica, lo cual se representa como una ventaja al considerarse que la alternativa óptima es convertirlo en composta, con lo cual se disminuye el volumen de los residuos generados y por tanto, los costos de operación para el ayuntamiento.

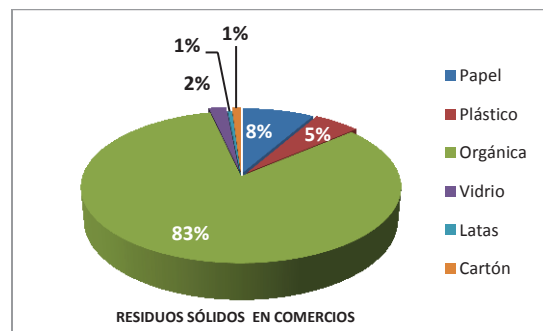


Figura 3: Porcentaje de residuos sólidos generados por fuente de origen en comercio

En la figura 3 se puede observar que para el caso de los residuos sólidos generados en los comercios, también el mayor porcentaje de composición de los residuos generados es de tipo orgánica. No obstante los comercios no los separan y por lo tanto se revuelven con los orgánicos.

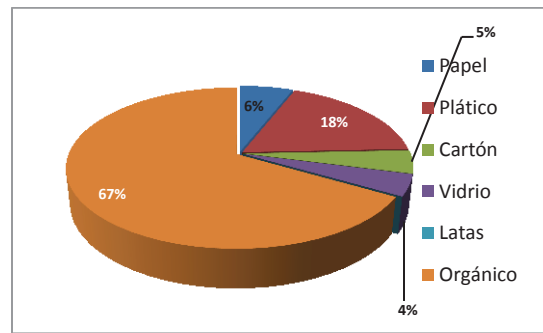


Figura 4: Ejemplo de gráfica por fuente de origen en escuela

En la figura anterior (4) es destacable que la composición de los RS generados en las escuelas se refleja por los patrones de consumo de los estudiantes, el cual se concentra en los residuos de tipo orgánico, seguido de plástico, sobre todo botellas PET, así como latas de refresco y botellas de vidrio.

Una vez procesada la información del trabajo de campo por el grupo de investigación y procesada la información obtenida, se procedió a definir la propuesta de localización de la estación de transferencia municipal.

Con base en la NORMA TÉCNICA ESTATAL AMBIENTAL (NTEA) NTEA-010-SMA-RS-2008, se definió la propuesta de la localización de la estación de transferencia (ver figura 5) para el municipio de Lerma, Estado de México.



Figura 5: Propuesta de localización de la estación de transferencia

Además de cumplir con la NTEA, las razones por las cuales este ubicado en éste punto, es por la aproximación de la zona urbana, y vías de accesos con la facilidad para la circulación de los transportes requeridos.

Dentro de la zona de estudio, se localizaron los puntos específicos en donde se genera la mayor cantidad de RSM. Con base en las restricciones de la NORMA TÉCNICA ESTATAL AMBIENTAL NTEA-010-SMA-RS-2008, que establece los requisitos y especificaciones para la instalación, operación y mantenimiento de infraestructura para el acopio, transferencia,

separación y tratamiento de residuos sólidos urbanos en el Estado de México, se presenta la propuesta de localización geográfica de la estación de transferencia.

Describir las características y composición de las distintas clases de RS, nos permitió identificar el patrón de consumo de la población, pero sobre todo, elegir la mejor alternativa para su manejo integral adecuado. Con la propuesta de localización de la Estación de Transferencia de Lerma, Estado de México, se lograría definir o establecer las directrices de una estrategia integral que tendría entre sus principales ventajas:

1. Da un panorama global del proceso del manejo de los residuos. Esta visión es esencial para una planeación estratégica. Manejar el flujo de los residuos por separado es ineficiente.
2. Desde un punto de vista ambiental todos los sistemas de manejo de residuos son parte de un mismo ecosistema global. Analizar la carga global del sistema al medio ambiente es la única estrategia racional, de otra manera reducir impactos ambientales en una parte del sistema, podría resultar en mayores impactos ambientales en otra parte del mismo.
3. Desde un punto de vista económico, cada unidad individual en la cadena de manejo de los RSM debe tener ganancias o al menos alcanzar un punto de equilibrio. Sin embargo, evaluando los límites del sistema en su totalidad, es posible determinar si opera eficientemente, si alcanza un punto de equilibrio económico o, mejor aún, si existen ganancias. Es solamente entonces cuando todas las partes del sistema pueden ser viables, asumiendo que los recursos se dividen apropiadamente en relación con los costos.

4. Conclusiones

Para alcanzar un sistema integral de manejo de los residuos sólidos se requieren cambios significativos de la realidad actual. Es claro que nunca se alcanzará el sistema ideal, ya que siempre será posible reducir los impactos ambientales a través de un proceso de mejora continua. El manejo integral y sustentable de los Residuos Sólidos Municipales (RSM) combina flujos de residuos, métodos de recolección y procesamiento, de lo cual derivan beneficios ambientales, optimización económica y aceptación social en un sistema de manejo práctico para cualquier región o ciudad. Esto se puede lograr combinando opciones de manejo que incluyen esfuerzos de re-uso y reciclaje, tratamientos que involucran compostaje, bio-gasificación, incineración con recuperación de energía, así como la disposición final en rellenos sanitarios. El punto clave no es cuántas opciones de tratamiento para el manejo adecuado de los RSM se utilicen, o si se aplican todas al mismo tiempo, sino que sean parte de una estrategia integral que responda a las necesidades y contextos locales o regionales, así como a los principios básicos de las políticas ambientales en la materia, lo cual a través de la propuesta de localización de una estación de transferencia en Lerma, Estado de México, es una parte de la solución para fomentar el manejo integral de los RSM, desde una visión ambiental y económicamente sustentable. En conclusión frente a este problema se exige a los gobiernos locales mayor capacidad de gestión y ejecución de las soluciones aprobadas en sus programas de gobierno. Por un lado, se debe atacar la parte técnica del problema, referente al desarrollo de infraestructura para el manejo integral de RS (centros de transferencia, rellenos sanitarios, etc.). Hasta el año 2012, solo cinco municipios del Estado de México, cuentan con planes gestión integrales de residuos sólidos. Sin embargo, todas las iniciativas institucionales deben plantearse soluciones integrales que involucren la participación activa y permanente de la población, de las organizaciones y de e instituciones de gobierno y académicas.

Referencias Bibliográficas

1. AGUILAR, Margarita (1998). La basura: Manual Para el reciclamiento Urbano. Ed. Trillas. México, D. F.
2. ENVIROMENT Protection Agency (EPA) (1993): Criteria for solid waste disposal facilities. A guide for owners operators. EPA. United State.
3. GOBIERNO del Estado de México. (2009): Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-010-SMA-RS-2008 en Gaceta de Gobierno no. 91, 21 de Mayo de 2009, Toluca, Estado de México.
4. H. AYUNTAMIENTO CONSTITUCIONAL DE LERMA DE VILLADA (2012): 5ª Regiduría del H. Ayuntamiento Constitucional de Lerma. Informe técnico anual. Gaceta Municipal no. 200. Diciembre de 2008. Lerma, Estado de México.
5. TCHOBANOGLOUS, George (1998). Gestión Integral de Residuos Sólidos. Editorial Mc. Graw Hill, Tomo I. Madrid, España.

Referencias en Línea

- I. http://www.ambientum.com/revista/2003_05/RESIDUOS.htm fecha de consulta 10 de marzo de 2010 04:00pm.
- II. <http://www.ambientum.com/enciclopedia/residuo/1.26.16.06r.htm> fecha 17 de marzo de 2010 10:00 am.

Obtención de hidrógeno utilizando la energía residual de las pilas usadas

¹José Antonio Guevara García, ¹Beatriz Morales Chamorro, ²Sergio Ruíz Hernández, ²Brian Manuel González Contreras, ³Miguel Angel Munive Rojas.

¹ Laboratorio de Investigación en Bioinorgánica y Biotecnología (LIByB). Fac. de Ciencias Básicas. Universidad Autónoma de Tlaxcala, Campus Apizaco, P.O. Box 140, 90300. Apizaco, Tlaxcala. México. e-mail: jaguevarag@gmail.com.

²Maestría en Computación. Fac. de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología. Universidad Autónoma de Tlaxcala, Campus Apizaco, P.O. Box 140, 90300. Tlaxcala. México.

³P.E. de Ingeniería Mecánica. Fac. de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología. Universidad Autónoma de Tlaxcala, Campus Apizaco, P.O. Box 140, 90300. Tlaxcala. México.

Resumen

Las pilas y baterías usadas causan cada vez más contaminación ambiental en México, debido al crecimiento de la demanda de equipo electrónico portátil que genera miles de toneladas de estos residuos al año. En México no se hace reciclado de pilas usadas porque es inviable económicamente una planta industrial para este propósito. El objetivo de este trabajo es la obtención de hidrógeno por electrólisis de agua utilizando la energía residual de las pilas usadas, como parte inicial de un proceso de reciclado. Las pilas fueron clasificadas por tipo y por marca, y separadas por carga. Se dispusieron en una batería de 24 pilas para alimentar a un electrolizador en forma de “U” para producir H₂ y O₂. Los datos de corriente y voltaje, así como el volumen de H₂, se determinaron en función del tiempo, para cuantificar la producción de corriente promedio por pila (mAh) y el rendimiento de H₂. Los resultados mostraron un rendimiento de producción de H₂ de 2.35%, y una producción de corriente promedio por pila de 1321 mAh, que es más del 50% del reportado por el fabricante para una pila alcalina nueva. Una planta de reciclado de pilas usadas de 80 toneladas mensuales, producirían, con una estimación a la baja, 4961 kWh solamente utilizando las pilas AA de más de 1.0 V (cerca del 90%). Este trabajo contribuye a hacer atractivo económicamente el reciclado de pilas y a diseñar planes de manejo sustentable de la energía y de los materiales contenidos en estos residuos.

Palabras Clave: *reciclado, electrólisis, manejo sustentable*

1. Introducción

La contaminación ambiental producida por la eliminación de las pilas y baterías usadas es una de las principales preocupaciones en México debido al rápido crecimiento de la demanda de equipo electrónico portátil que utiliza a estas como fuente de energía y que, ante la inexistencia de reciclado, genera miles de toneladas de residuos peligrosos al año [1].

Uno de los argumentos que han evitado el reciclado de pilas usadas en México es el balance económico negativo que se tendría en una planta industrial para este fin. Nuevas consideraciones que revierten esta situación son: el incremento en su producción y consumo; la aparición de nuevas tecnologías que incorporan metales con mejor cotización como Cd y Li; la demanda de materia prima de los propios productores de pilas como el Dióxido de Manganeso Electrolítico (DME) y el

Hidróxido de Litio (HL), sobrepasará en pocos años la producción y las reservas, y como consecuencia se incrementa su precio considerablemente.

En un trabajo anterior [2], nuestro grupo de investigación determinó el voltaje residual de 700 pilas de tipo "AA" seleccionadas al azar de las cuatro marcas de mayor incidencia después de una campaña de recolección de pilas usadas. Sus resultados mostraron que el 36 % de las pilas tuvieron un voltaje residual en el intervalo de 1.2-1.4 V, mientras que 70 % de las pilas tuvo voltajes mayores de 1.0 V, observándose desperdicio de energía en estos dispositivos. Un cálculo aproximado señala que en México se comercializan todos los años alrededor de 420 millones de pilas solo de tipo "AA" (NMX-AA-104-SCFI-2006), de las cuales 189 millones contendrían la energía residual suficiente disponible para otras aplicaciones. La recuperación de la energía residual de las pilas y baterías usadas no se ha tenido en cuenta hasta ahora [3], y podía ser económicamente atractivo.

En este trabajo se reporta una opción de aprovechamiento de la energía residual de las pilas usadas por electrólisis de agua y obtención de hidrógeno. La electrólisis del agua es una tecnología muy importante para una producción de hidrógeno a gran escala. El hidrógeno es la energía que se espera que sea útil como vector energético principal en un futuro cercano [4], para la generación de electricidad vía las pilas de combustible de hidrógeno (PCH). Este proceso se propone como parte inicial del reciclado, lo que aunado a la recuperación de metales y producción de materia prima (DME y HL), puede conducir al manejo sustentable de este recurso, y ayudar a evitar que se agoten las reservas de metales como Mn y Li. Además, este proceso de reciclado integral impulsaría la creación de empresas y la generación de fuentes de trabajo, y evitaría el impacto ambiental de los metales tóxicos en los rellenos.

2. Metodología

2.1. Recolección de pilas usadas

Se recabaron un total de 7876 pilas que se clasificaron por tipo, resultando que 6020 (76%) fueron AA; de estas 28 % correspondieron a marcas ilegales. Se tomó una muestra de 3625 pilas AA para medir su voltaje, obteniéndose la gráfica de distribución de voltajes por medio del programa Origin 8.

Posteriormente, se seleccionaron 5 conjuntos de 24 pilas AA usadas de varias marcas con valores de voltaje residual en el intervalo 1.4 – 1.6 V para utilizarse en las baterías.

2.2. Producción de hidrógeno con pilas usadas

Se construyeron varios paneles (baterías) de pilas usadas tipo AA, para proporcionar la corriente y voltajes necesarios para alimentar el electrolizador de manera continua.

Cada panel consiste en un bloque de unicel con 14 horadaciones, con 2 pilas en cada horadación. Las pilas se colocan alternando las terminales (+) y (-), y cada 8 pilas se conectan en serie, sumando sus voltajes, y luego las tres series de 8 pilas se conectan en paralelo, sumando sus corrientes (ver Figura 1). Las conexiones se hacen con alambres de cobre y, para asegurar el contacto, la batería se coloca entre las tapas de una prensa que se atornilla con la presión mínimamente suficiente.

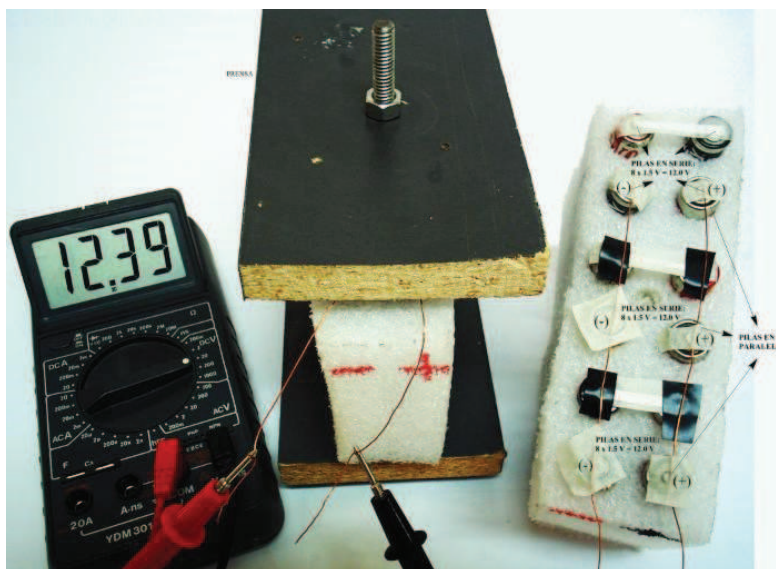


Figura 1. A la derecha, batería de 24 pilas usadas AA conectadas en serie (cada 8) y en paralelo. Al centro, la batería calzada en una prensa para asegurar los contactos. A la izquierda, multímetro mostrando la lectura de voltaje de la batería.

Se construyó un electrolizador para la producción de hidrógeno por electrólisis. Este consiste de un tubo en “U” con salidas para gases, electrodos de acero inoxidable en láminas acopladas a los tapones. El electrolizador contiene una solución de hidróxido de sodio al 30 %.

Posteriormente se acoplaron el panel (batería) y el electrolizador para las pruebas de producción de hidrógeno. La terminal negativa de la batería se conectó en serie a un amperímetro, para determinar la corriente. El voltaje se determinó utilizando un multímetro conectado en paralelo a la batería. El volumen de hidrógeno se midió por el desplazamiento del émbolo de una jeringa de vidrio conectada a la salida del tubo en “U”. El volumen producido de hidrógeno se midió cada 10 segundos. Además, se anotó la temperatura del experimento en cada momento y la presión atmosférica, para normalizar el volumen de hidrógeno.

Con este equipo se realizaron ensayos de electrólisis (ver Figura 2). De cada corrida se obtuvieron las gráficas de volumen de producción de hidrógeno contra tiempo y las gráficas de voltaje y corriente contra tiempo. De estas últimas gráficas, se determinó la producción de corriente (mAh). El consumo de energía (Wh), se calculó como el área bajo las curvas de voltaje contra corriente.

Para calcular la producción de corriente promedio por pila, se promediaron los valores de mAh de tres gráficas correspondientes a otros tantos ensayos individuales, y este promedio se dividió entre 24 pilas de que consta cada batería.

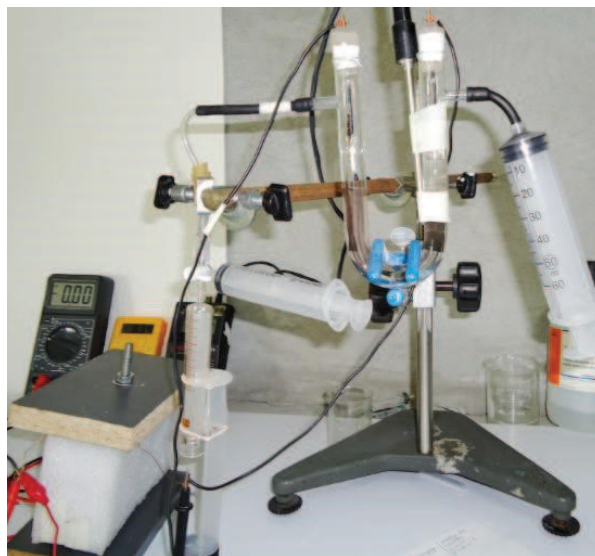


Figura 2. Imagen del equipo del electrolizador en “U” alimentado por la batería de pilas, y accesorios para la determinación de volumen, voltaje, corriente y temperatura;

3. Resultados y discusión

Como puede verse en la Figura 3, la mayor parte de las pilas usadas “AA” tiene un voltaje en el rango 1.4-1.6 V, y la distribución de frecuencias no sigue una distribución normal. Una posible explicación es que las pilas se utilizan en dispositivos de alta demanda de corriente en la mayoría de los casos. Inicialmente, la reacción de descarga se lleva a cabo en las zonas exteriores de los electrodos, donde el transporte de masa es más rápido. Sin embargo, conforme se mantiene la demanda, las reacciones se llevan a cabo dentro de la estructura de los electrodos, produciendo un sobre-potencial por difusión, dando lugar a una disminución en la cinética de transferencia de electrones y a una polarización por concentración [5]. Es común que el usuario cambie las pilas tan pronto como dejan de proporcionar suficiente poder para operar el dispositivo y que no las re-utilice en equipos menos demandantes de energía, lo cual podría tomar ventaja de la energía residual.

El rendimiento de producción de hidrógeno fue de 2.35%, mientras que en la literatura se reportan rendimiento máximos del 12%, utilizando equipos especializados [6]. La producción de corriente promedio por pila fue de 1321 mAh. Esto representa alrededor del 50% del reportado para una pila alcalina nueva [7]. En la Figura 4 se reproduce una de las gráficas obtenidas de corriente vs voltaje y su ajuste por mínimos cuadrados (Origin 8.0). Los puntos experimentales observan varias inflexiones debido a que la batería no se utilizó de manera continua hasta su descarga, sino que se le dejó reposar por varios momentos para permitir su recuperación.

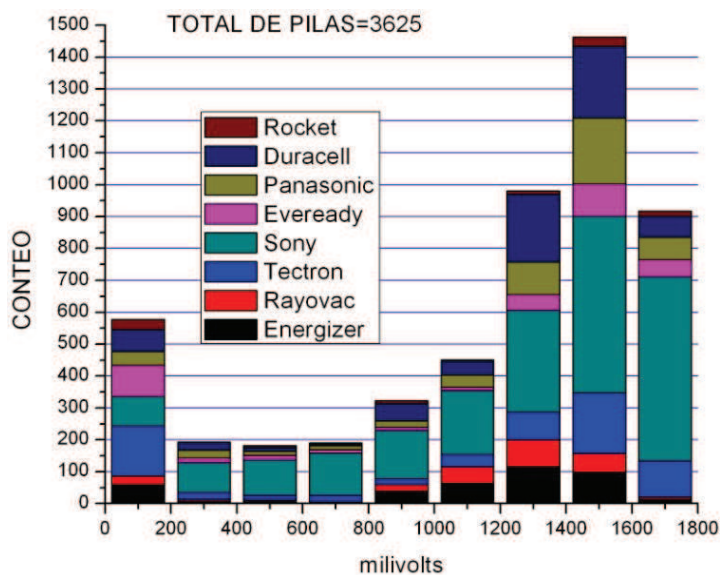


Figura 3. Distribución de voltaje residual de pilas usadas tipo AA por marcas (colores) y en total

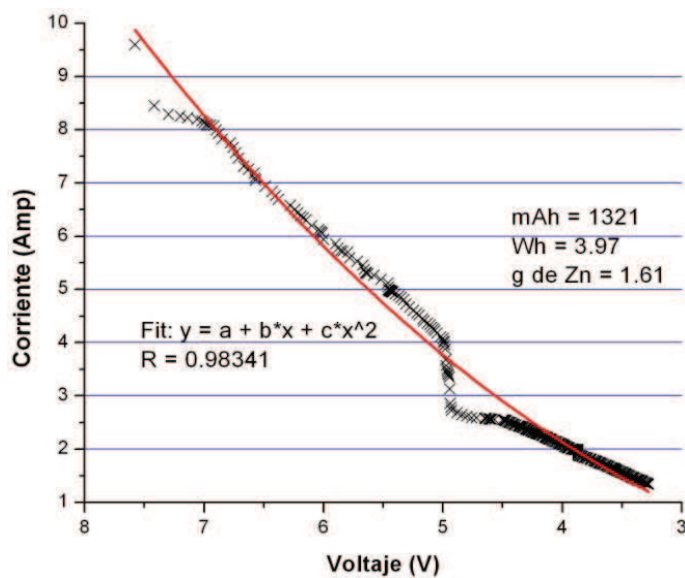


Figura 4. Gráfica resultante de corriente contra voltaje, con la ecuación de ajuste obtenida y la producción de corriente (mAh) y energía (Wh) promedio por pila.

Considerando una planta de reciclado de pilas usadas de 80 toneladas mensuales, se producirían, con una estimación a la baja, 4961 kWh solamente utilizando las pilas AA de más de 1.0 V (cerca del 90%, según Figura 3). Esto significa 1.5×10^6 mol-electrón disponibles para producción vía electroquímica. Si con esto se produce hidrógeno, entonces se obtendrían 1.8×10^6 L, suponiendo un rendimiento del 10%. Esta energía puede ser utilizada también para producir parte del DME a partir del reciclado de pilas usadas, que en total ascendería a 103 ton de DME.

4. Conclusiones

Un porcentaje considerable de las pilas usadas (cerca del 90 % de las pilas AA) tienen una energía utilizable considerable (alrededor del 50%). Esta energía puede ser recuperada y aprovechada en la misma forma que se utilizan paneles fotovoltaicos y constituir un ahorro de energía importante en una planta de reciclado. En la aplicación específica de producción de hidrógeno vía electrolítica, el rendimiento es bajo pero es susceptible de optimizarse hasta en un 12%. Esto hace atractivo económicamente el reciclado de pilas y contribuye a diseñar un manejo sustentable de la energía y de los materiales contenidos en estos residuos.

Referencias Bibliográficas

- [1] Montiel Corona V., Guevara García J.A., Reyes López J.A., Landry T.D. *Situación Actual de las Pilas Usadas en México*. En el libro *Residuos Sólidos en Iberoamérica*. Ed. G.C. Díaz Trujillo (México), J.F. Gallardo Lancho (España). 2012. Red Iberoamericana de Física y Química. Salamanca, España. Pág. 150-169. ISBN 978-84-937437-5-8. www.sifyqa.org.es.
- [2] Guevara-García, J.A., Montiel-Corona, V., "USED battery collection in central Mexico: Metal content, legislative/management situation and statistical analysis". *Journal of Environmental Management*. 95. 2012. pp. S154-S157. En la página de internet: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.09.019>
- [3] Sayilgan, E., Kukrer, T., Civelekoglu, G., Ferella, F., Akcil, A., Veglio, F., Kitis, M. "A review of technologies for the recovery of metals from spent alkaline and zinc-carbon batteries". *Hydrometallurgy*. 97. 2009. pp. 158-166.
- [4] Montiel Corona, V., Sánchez Camarillo A.R., Guevara García, J.A. "El hidrógeno como combustible y su producción biológica: el futuro nos alcanza". *Revista CiBlyT, Editada por la Universidad Autónoma de Tlaxcala*. 3 (11). 2009. pp. 35-42.
- [5] Hamann, C.H., Hamnett, A., Vielstich, W. *Electrochemistry*. Second ed. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. 2007. pp. 444-447.
- [6] Gibson, T.L., Kelly, N.A. "Optimization of solar powered hydrogen production using photovoltaic electrolysis devices". *Int. J. Hydrogen Ener.* 33. 2008. pp. 5931-5940.
- [7] Wiaux J.-P., Waefler J.-P. "Recycling zinc batteries: an economical challenge in consumer waste management". *Journal of Power Sources*. 57. 1995. pp. 61-65.

Cuantificación de emisiones de metano en digestores anaerobios rurales empleados en el tratamiento de residuos agrícolas

¹Bernd Weber, ²Sabrina Eichenauer

¹Universidad Autónoma del Estado de México, C.P 50130, Toluca, Edo. Mex., (722) 2140855 E-mail: bweber@uamex.mx, ²Technische Hochschule Mittelhessen

Resumen

La producción de biogás a partir de residuos agrícolas en zonas rurales es muy común en varios países, y México no es la excepción, el biogás generado se aprovecha para cubrir la demanda de energía calórica para cocinar y uso de agua caliente en el hogar. Sin embargo, la emisión de gases de efecto invernadero puede causar mayor impacto si éstas se comparan con el beneficio logrado por el reemplazo de los combustibles fósiles en el sitio. El estudio evaluó el desempeño de un biodigestor “*in situ*”, mediante un balance de masas analizando los productos de entrada y los de salida. El estudio muestra que aun en condiciones de temperatura extrema, los digestores de estiércol sin calentamiento tienen una alta tasa de degradación, alcanzando remociones de la materia orgánica mayor al 75%. Sin embargo, el potencial de producción de biogás muchas veces excede la demanda en el sitio y por tal motivo se recomienda implementar sistemas a pequeña escala que permiten utilizar los excedentes para la electrificación y de esa manera evitar su liberación hacia la atmósfera.

Palabras Clave: *Gases de efecto invernadero, Biodigestores rurales, Estiércol*

1. Introducción y Antecedentes

Cada día, se genera más evidencia de que la bioenergía reemplazará a los combustibles fósiles con el fin de avanzar hacia un desarrollo sustentable, el cual restringe el uso de dichos combustibles y sus emisiones. Para México tiene importancia el desarrollo de los combustibles renovables porque su producción de petróleo crudo se está disminuyendo [1], sin embargo, otros países cuentan con recursos más abundantes todavía [2], por esta razón el desarrollo sustentable requiere un mayor enfoque en la reducción de emisiones. El escenario 450 propuesta por la Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés) describe metas para mantener la concentración del dióxido de carbono en la atmósfera debajo de las 450 ppm hasta el año 2050, valor que nos asegurará un calentamiento no mayor de los 2 °C [3]. Bajo este escenario el uso de recursos fósiles tendrá que ser reducido debido a las emisiones de dióxido de carbono que generan.

La producción de bioenergéticos de manera sustentable es un gran reto, ya que existen emisiones (tal vez importantes) que se asocian a su producción. Tal es el caso de la fabricación de fertilizantes, los procesos microbiológicos en el suelo, la pérdida de materia orgánica por el cambio de uso de suelo y también el procesamiento de los bioenergéticos. Recientemente, el ganador de premio nobel P. Crutzen, publicó que la producción de bioenergéticos puede ser incluso contra-productente para el efecto invernadero en la región Europa central debido sobre todo por las emisiones del gas óxido de nitrógeno (N₂O) que se libera por los procesos de nitrificación en los suelos [4].

La producción del biometano (biogás) en digestores anaerobios se considera muy elegante porque es uno de los pocos procesos que pueden utilizar como materia prima los residuos. Por esa razón, también México sigue en la tendencia actual de la implementación de digestores de anaerobios para

el tratamiento de residuos agrícolas como han demostrado países como China e India con mucho éxito desde varias décadas. Por otro lado, para la producción del biometano (biogás) proveniente de los digestores anaerobios de manera sustentable, se deben considerar adicionalmente las fugas de este gas que se producen durante su manejo ya que su efecto invernadero es un factor de 23 veces mayor al del dióxido de carbono por lo que se debe tener un control cuidadoso durante la producción y uso [5].

Con fines de poder estimar la magnitud de las emisiones que pueden provenir de los biodigestores de pequeña escala, el estudio analiza basando en las características de operación el potencial de producción de biogás y balancea el impacto de reducción o aumento en la emisión de gases de efecto invernadero por la utilización de esa tecnología y reemplazando combustibles fósiles.

2. Metodología

Se contó con un digestor de 40 m³ tipo "biobolsa" El cual era para digerir los residuos de 60 puercos en engorda. Para el balance de masas se midió el contenido de sólidos volátiles a la entrada y salida del biodigestor mediante la técnica de incineración de residuos.

3. Resultados y Discusión

Respecto a la emisión de gases de efecto invernadero es importante mencionar que más del 50% de la producción porcina tiene su origen en granjas familiares con menor de 200 animales (60 animales en promedio) [6], cuyo potencial de producción de biogás es hasta 3 veces mayor a la demanda de una familia para agua caliente y combustible para cocinar. Eso se corrobora con el potencial de la producción específica de un puerco de engorda que es de 0.6 a 1.25 m³_{Biogas} GV⁻¹ d⁻¹. Donde GV se refiere al animal de referencia (un toro adulto) y la cantidad de 10 puercos equivalen en su producción a un GV [7]. Si tomamos en cuenta el promedio de los 60 animales en promedio la producción total de biogás será de 3.6 a 7.5 m³d⁻¹. Con la estimación que el poder calorífico del biogás será de un 60% de gas natural (la concentración de metano en el biogás es de 60%) la producción equivalente al gas natural será de 2.2 a 4.5 m³d⁻¹. Otra referencia la proporciona el potencial de producción de biogás a partir estiércol que es de 420 m³ t⁻¹ en materia orgánica seca (ODM, por sus siglas en inglés). Suponiendo que el contenido de sólidos en el estiércol es de 6% con un contenido de volátiles (materia orgánica) del 80% se obtiene una producción específica de 20.2 m³ t⁻¹ de la materia fresca. El puerco de engorda produce en promedio 4.5 Litros de estiércol al día. Multiplicando la producción específica por la cantidad de estiércol al día y la cantidad de puercos se obtiene una producción de 5.44 m³_{Biogas}d⁻¹ (3.26 m³_{metano} d⁻¹), que es el potencial de producción de biogás de la granja estándar. En comparación, una familia estándar en la Ciudad de México tiene un consumo promedio de 1.5 m³ d⁻¹. Por consecuencia, existe una sobreproducción, la cual es liberada a la atmósfera mediante una válvula de alivio sin ninguna oxidación previa causando una fuerte emisión de gases de efecto invernadero.

Sí el escenario planteado es real, depende del desempeño que tienen los digestores de construcción sencilla sin alguna calefacción como los encontramos generalmente en México. Como se observa que la digestión en condiciones mesofílicas tiene la mayor actividad de 34°C a 36°C, se puede suponer que temperaturas menores causarían una limitación en la productividad para digestores instalados en México. La variación diaria de la temperatura en el digestor superficial en la temporada de verano e invierno se muestra la Figura 1. En este caso específico el digestor de tipo biobolsa en la región México Central opera durante el verano con una temperatura promedio de 24°C (variando entre 22.5°C-28.5°C) y en el invierno la temperatura en promedio de 19°C (variando entre 16.0°C-21.5°C). El sistema de adquisición de datos utilizado para la medición fue

colocado entre el hule de la biobolsa y el aislamiento, el cual se protege el huley está instalado contra la pared del bloque. En la curva del verano se puede ver algunas caídas bruscas de temperatura originadas por la lluvia, la cual provoca que el aguaescurra entre el hule y el aislamiento.

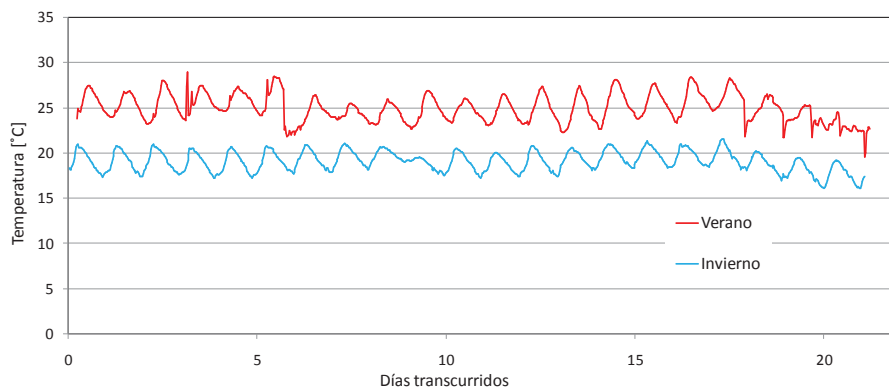


Figura. 1. Perfil de temperatura del digestor en temporada de verano e invierno sobre un periodo de veinticuatro días

Bajo esas condiciones, no se notaron cambios en el desempeño del digestor, porque la tasa de conversión de la cual se obtuvo por analizar las muestras tomadas en Julio 2012, Diciembre 2012 y Marzo 2013 se estableció entre un 75% al 84% (ver tabla 1). Existe poca variación (alrededor del 0.3%) en la concentración de los sólidos en el biodigestor con un promedio de 2.3%. Como el estiércol se diluye con agua durante el lavado diario de los corrales, se estableció un sustrato con una concentración de sólidos de 7.7% a 14%.

Resulta que el el digestor presenta una digestión estable, la cual logra una alta tasa de conversión de la materia orgánica en a biogás, proceso comúnmente denominado como mineralización. La razón se encuentra calculando la carga de materia orgánica recibida por cada metro cúbico del digestor. Dicha carga se obtiene por los 4.5 L de estiércol de cada puerco multiplicado por 60 puercos, a su vez multiplicado por la concentración de sólidos y la concentración de los volátiles teniendo como resultado aproximadamente 20.1 kg, los cuales recibe el digestor con su volumen útil de 25 m³. La relación entre estos dos parámetros es la carga de materia orgánica de 0.8 kg m³d⁻¹. En comparación de digestores bajo condiciones óptimas de temperatura y mezclado, cuales permiten cargas orgánicas arriba de 4 kg m⁻³d⁻¹, se puede entender la alta tasa de degradación presente [8].

Tabla 1. Parámetros de operación del digestor de 40 m³ tipo "biobolsa"

Temporada	Sólidos en sustrato	Volátiles en sustrato	Sólidos en biosólido	Volátiles en biosólido	Tasa de conversión
	[%]				
Julio 2012	7.7	74	2.3	64	75
Diciembre 2012	14	78	2.6	65	84
Marzo 2013	9.1	68	2.0	69	81

Los datos presentados en la tabla 1 también permiten estimar la masa de biogás que libera el digestor (ver figura 2). Según la relación de Symons&Buswell se debería considerar también el agua requerida para llevar a cabo la reacción bioquímica (11% para carbohidratos, ≈ 54% para grasas y ≈ -20% para proteínas) [9], pero en este caso, con una composición de la materia seca de aproximadamente de 9% de grasas, 24% de proteínas y más del 32% de carbohidratos el factor del agua es depreciable [7]. Las ecuaciones asociados a la imagen calculan la producción específica del biogás en Litros por kg_{DMY} kg_{ODM} considerando una concentración del metano de 55%.

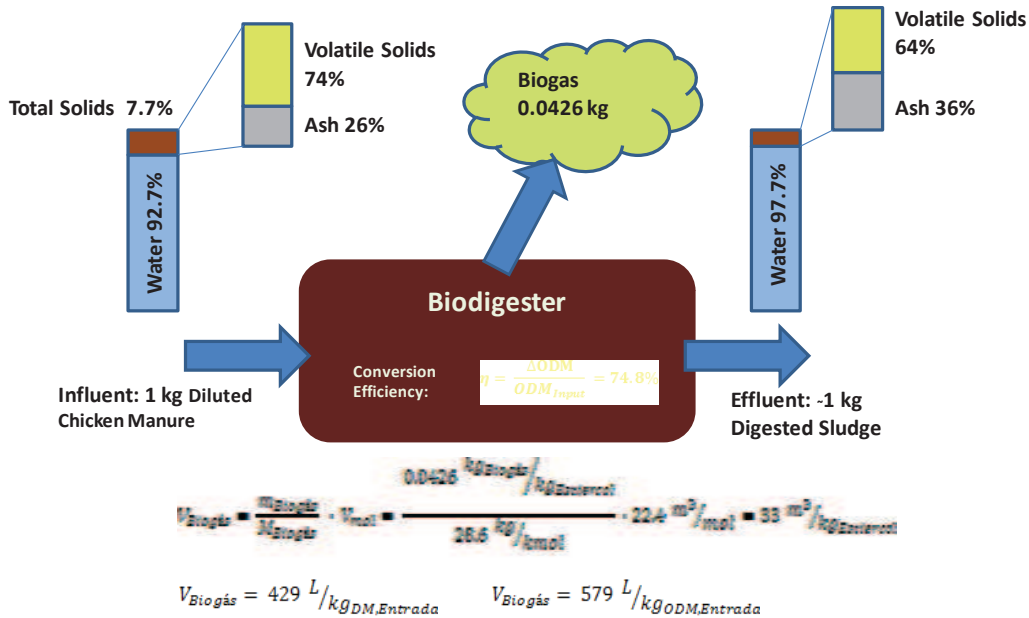


Figura. 2. Balance de masas para un digestor anaerobio con estiércol de cerdo como sustrato.

Como se ha demostrado, los digestores sí tienen una mayor tasa de degradación, por lo cual se tiene la certeza que una sobre producción es muy probable. Para evaluar el impacto de la emisión de gases de efecto invernadero comúnmente se trabaja con un escenario de referencia. Como es complejo de referenciar el manejo del estiércol e incluso no existen datos muy precisos sobre la emisión de N₂O al momento de fertilizar con estiércol en comparación con otro fertilizante, se hace en la Figura 3 una comparación con paja de trigo como sustrato para el biodigestor.

El manejo de la paja de trigo en el escenario convencional es que la paja de trigo se quema en la milpa y como energético se utiliza la antracita. La incineración de esos productos genera 2.87 kg de CO₂ equivalentes. La comparación será la conversión de 1 kg de paja de trigo en un biodigestor, el cual en su balance produce 0.21 kg residuos no digeridos (se considera su oxidación posterior en el suelo), 0.6 kg de biogás con aprovechamiento térmico en el sitio y una fuga de biogás de 0.19 kg la cual se libera al medio ambiente. Debido al gas metano con una concentración del 55% con un impacto 23 veces mayor que el dióxido de carbono como gas de efecto invernadero, la franja saliendo del digestor es muy delgada pero después se multiplica causando casi el 50% de todas las emisiones. El balance quiere decir que con una fuga de biogás del 34% las emisiones para ambos escenarios serán iguales, es decir, de 2.87 kg CO_{2eq} kg⁻¹ Paja.

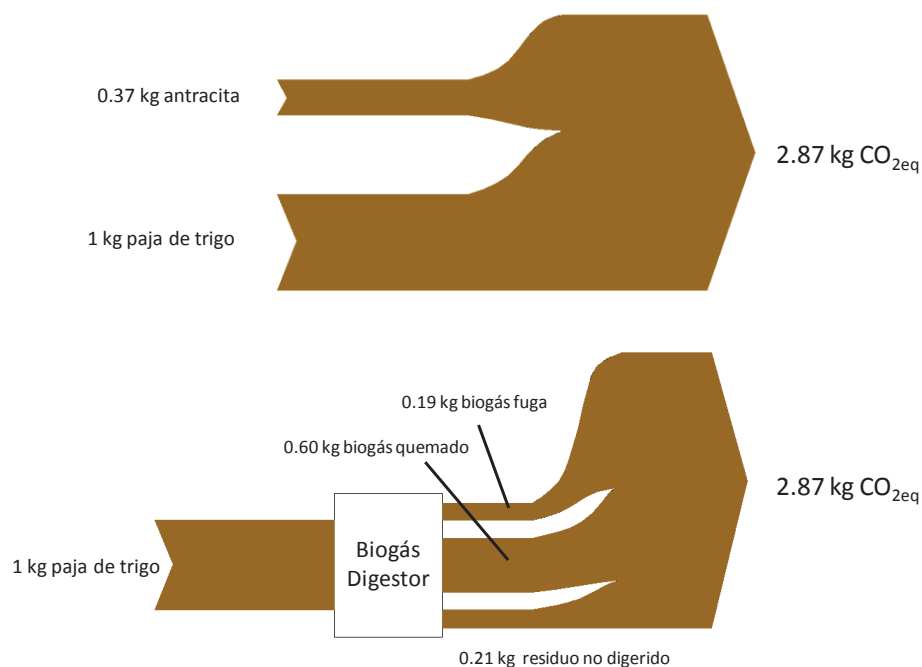


Figura. 3. Comparación de dos diferentes escenarios de emisión para el tratamiento de paja de trigo por incineración en la milpa y la conversión en un digestor de biogás.

4. Conclusiones

El manejo de residuos en biodigestores rurales proporciona a los campesinos una fuente de energía renovable. Sin embargo, al contrario de los digestores implementados en la India y en China, los cuales son de menor capacidad, se genera una sobreproducción, la cual, al momento de ser liberado al medio ambiente empeora el balance de la emisión de gases de efecto invernadero. Así, es importante implementar buenas prácticas para el manejo de biogás, por ejemplo, quemarlo en lugar de dejarlo salir por la válvula de alivio. También a corto plazo es muy recomendable implementar sistemas de incineración con aprovechamiento para la producción de energía eléctrica a pequeña escala.

Agradecimientos

Agradecemos al señor Inocencio Rojo Mejía por facilitar el acceso a su biodigestor para la realización de la toma de muestras y realizar mediciones. El proyecto en curso es registrado como proyecto de investigación bajo el esquema PROMEP con el número de registro /103.5/12/8048.

Referencias Bibliográficas

- [1] Balance Nacional de Energía. (Acceso: 04.07.2013) http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/BNE_2011.pdf
- [2] Kausch, P. Gutzmer, J. Bertau, M. Matschullat, *J.Energie und Rohstoffe*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 2011
- [3] IEA: World Energy Outlook 2010. International Energy Agency. (Acceso: 12.03.2013) <http://www.worldenergyoutlook.org/>.
- [4] Reay, D.S. Davidson, E.A. Smith, K.A.; Smith, P.Melillo, J.M.; Dentener, F. Crutzen, P. J. Global agriculture and nitrous oxide emissions. *Nature Climate Change* 2012, 2(6), pp. 410–416.
- [5] Philander, S. G. *Encyclopedia of global warming and climate change*. Los Angeles: SAGE, 2008.
- [6] SAGARPA (Acceso: 12.03.2013). <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/Estudios%20de%20situacin%20actual%20y%20perspectiva/Attachments/27/sitpor09a.pdf>.
- [7] Eder, B. Krieg, A. *Biogas – Praxis*. 2012, Staufen, oekobuch Verlag
- [8] Deublein, D. Steinhauser, A. *Biogas from waste and renewable resources. An Introduction*. 2008, Weinheim, VCH-Wiley
- [9] Symons, G.E, Buswell, A.M. The methane fermentation of carbohydrates. *J. Am. Chem. Soc.* 1993, 5(55), pp. 2028-2036

Aplicación de dos procesos Fenton y foto Fenton para el tratamiento de lixiviados generados en un vertedero de RSU

Arodí Bernal Martínez, Carlos Javier Escudero Santiago, Germán Cuevas Rodríguez

Universidad de Guanajuato, División de Ingenierías. Departamento de Ingeniería Civil. Av. Juárez # 77 Col. Centro CP 36000. Guanajuato, Guanajuato. 4731020100 Ext. 2292. arodiberna@ugto.mx

Resumen

Los lixiviados de vertederos de residuos sólidos urbanos (RSU) son líquidos con altas concentraciones de contaminantes que pueden alcanzar diferentes medios físicos, incluyendo cuerpos de agua superficial y subterránea. Los Procesos de Oxidación Avanzada (POA), que involucran la generación y uso de especies altamente oxidantes de la materia orgánica como el radical hidroxilo (HO^\bullet), han resultado atractivos en el tratamiento de diversos contaminantes presentes en el agua, al ofrecer ventajas respecto a procesos convencionales. En el presente trabajo se dio tratamiento a lixiviados de vertederos con alto contenido de materia orgánica ($>30\,000\text{ mg/L}$ de la DQO), aplicando dos procesos Fenton y foto-Fenton, que son dos de los POA que tienen lugar con o sin presencia de luz UV, peróxido de hierro (H_2O_2) y sales de hierro (II). Se probaron diferentes concentraciones de FeSO_4 (250-1500 mg/L) y de H_2O_2 (750-1500 mg/L), bajo un pH= 4. Los resultados revelaron la posibilidad de remover más del 85% de la materia orgánica e inorgánica medida en términos de la DQO, bajo las condiciones experimentadas. Así mismo se redujeron concentraciones de parámetros físicoquímicos como la turbidez, color, etc.

Palabras Clave: *Lixiviados, residuos sólidos urbanos, procesos de oxidación avanzada, Fenton, foto-Fenton.*

1. Introducción

En México, al igual que en otras partes del mundo, se tienen problemas de disponibilidad y calidad de agua, debido al agotamiento de las fuentes de abastecimiento y aún más, por la contaminación que existe debido a las actividades humanas. Uno de los agentes que contamina tanto el suelo como el aire y agua es el lixiviado que se genera en los sitios de disposición final de los RSU y que presentan un alto contenido de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, patógenos y sustancias tóxicas. En los recientes años, los llamados POA han permitido tratar corrientes con alta concentración de contaminantes como los lixiviados de vertederos, obteniendo buenos porcentajes de remoción de los mismos. Tal es el caso de los procesos Fenton y foto-Fenton, que se centran en el uso del radical HO^\bullet que es una especie altamente oxidante, se han utilizado como una herramienta para la degradación de contaminantes presentes en los lixiviados. El objetivo de este trabajo fue evaluar y comparar el tratamiento de lixiviados de un vertedero de RSU mediante dos procesos Fenton y foto Fenton, bajo diferentes condiciones de operación. El proceso Fenton (en ausencia de luz) bajo diferentes pHs y dosis de reactivos (FeSO_4 y H_2O_2), y el sistema foto Fenton, en el cual se evalúa el efecto del FeSO_4 y H_2O_2 , a diferentes tiempos de exposición a la luz UV, y finalmente realizar una comparación de las eficiencias de ambos procesos.

2. Desarrollo

Este trabajo se llevó a cabo en dos etapas: la primera fue la caracterización de los lixiviados y la segunda consistió en la realización de las pruebas de tratabilidad con método Fenton y foto Fenton. El muestreo fue realizado en el vertedero municipal de Guanajuato, en época de estiaje. Los lixiviados fueron recolectados de una laguna que se forma de manera natural en un escurrimiento que proviene de una de las celdas en operación. Debido a las altas concentraciones de contaminantes fue imposible su tratamiento, por lo que se decidió realizar una dilución (1:6.5) con agua residual municipal de la ciudad de Guanajuato [1]. Los parámetros analizados para ambas aguas fueron: pH, DQO (total y soluble), DBO, turbidez, alcalinidad, sólidos suspendidos totales (SST), sólidos suspendidos volátiles (SSV), conductividad, color, grasas y aceites, metales, todas las determinaciones analíticas, fueron realizadas de acuerdo a los Métodos Normalizados [2].

En la segunda etapa, fue probado el método Fenton y foto Fenton para el lixiviado. Los reactivos empleados fueron: sulfato ferroso y peróxido de hidrógeno. Las dosis empleadas para el método Fenton fueron: $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}_2$ de 50 a 3,000 mg $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}/\text{L}$ a un pH de 4 (se realizó también el barrido de pH) y relaciones de $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}_2$, pero al pH que ofrece mejores resultados, fue el de pH 4. A un litro de lixiviado se le ajustó el pH a 4 por la adición de ácido sulfúrico. Este líquido fue puesto a agitación a 50 rpm y, posteriormente se le adicionaron de forma simultánea cantidades conocidas de los dos reactivos. La mezcla fue agitada durante 1 min a 100 rpm y después 30 minutos a 50 rpm. Al término de este tiempo, se suspendió la agitación y se dejó sedimentar durante 30 minutos. Finalmente el sobrenadante es filtrado sobre papel Whatman. Fueron comparadas las eficiencias de remoción de acuerdo a los siguientes parámetros: sólidos suspendidos, DQO total y soluble y color. Para las pruebas con foto Fenton, este fue realizado en un fotorreactor de 2 L de capacidad. El lixiviado fue colocado en el reactor y ajustado a un pH de 4, posteriormente fueron adicionadas las cantidades de reactivo de Fenton (50 a 1000 mg/L de FeSO_4 y de 300 a 1000 mg/L de H_2O_2), el tiempo de reacción fue de 30 minutos. Los análisis sobre el sobrenadante fueron los mismos que fueron mencionadas en el proceso Fenton.

3. Resultados

A continuación son mostrados los resultados de este trabajo, en primer lugar se presentan la caracterización de los lixiviados, y de la mezcla (agua residual, AR: lixiviados, LIX), relación 1:6.5. Posteriormente, se presentan los resultados de las pruebas de tratabilidad con Fenton y foto Fenton.

Caracterización fisicoquímica de los lixiviados

En la tabla 1, se presentan los resultados de la caracterización fisicoquímica de lixiviados, y la mezcla entre ambos. Éstos lixiviados contienen una alta DQO total y soluble 41.4 y 35.1 g/L respectivamente, sus valores entran en el rango de datos típicos sobre la composición de lixiviados procedentes de vertederos nuevos y maduros. De acuerdo a [3], los valores se encuentran en un intervalo de 3000-60000 mg/L de DQOt. Al tener una alta DQO se considera que se trata de un lixiviado joven, tal como lo menciona [4]. En cuanto a la mezcla, se puede apreciar una clara disminución en los valores de los parámetros, los más significativos son la DQOt, la cual disminuye hasta 8.3 g/L, y los SST en 290 mg/L, el pH fue de 7.74.

Tabla 1. Características fisicoquímicas del lixiviado y su mezcla.

Parámetros	Lixiviados Guanajuato	Mezcla 1:6.5
pH	8.12±0.08	7.74±0.15
Turbidez UNT	3,100±42.4	2,360±3.04
Conductividad (mS/cm)	17.14±3.04	5.69±0.04
DQOt (g/L)	41.4±2.4	8.3±5.49
DQOs (g/L)	35.1±2.0	7.18±1.99
Alcalinidad (mgCaCO ₃ /L)	3210±162	550±127.27
Dureza (mgCaCO ₃ /L)	9,430±40	1,130±60
ST (g/L)	30.5±5.4	5.44±0.01
SDT (g/L)	27.1±1.5	4.57±0.007
SST (mg/L)	340±197	290±30
Nitrógeno amoniacal (mg/L)	1,250±30	850±20
Grasas y aceites (mg/L)	9,430±45	1,130±70

Pruebas de tratabilidad con Método Fenton y foto Fenton

En la figura 1, se puede observar las diferentes dosis de FeSO₄ (250 a 1000 mg/L) y H₂O₂ (990 mg/L), sobre la remoción de la DQO total a pH=4 (previamente fue realizado barrido de pHs, para la determinación del óptimo). Conforme fueron incrementadas las dosis de FeSO₄, el porcentaje de remoción de DQOt fue incrementada. Sólo con la dosis de 250 mg FeSO₄/L, fue alcanzada una remoción del 83.5 por ciento.

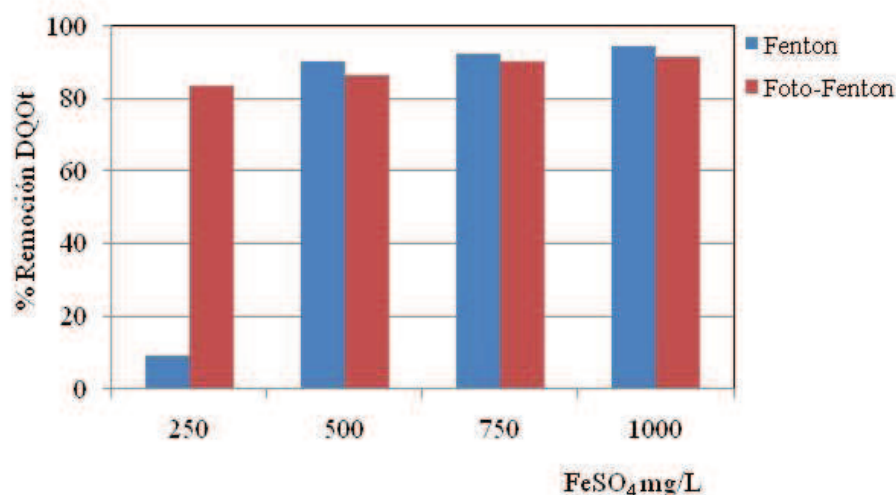


Figura 1. Porcentajes de remoción de DQOt, con diferentes dosis de FeSO₄ (250 a 1000 mg/L y 990 mg/L H₂O₂).

En la tabla 2, son mostradas las eficiencias de remoción para el método Fenton y foto Fenton. Con foto Fenton fueron alcanzadas más altas eficiencias que con el proceso Fenton. En el caso del proceso Fenton, la dosis de 1000 mg/L FeSO₄ y 990 mg/L de H₂O₂ fue la mejor, DQOt y s se remueve en un 95 y 93 por ciento respectivamente, y los SST en un 92%. En tanto, con foto Fenton las mejores eficiencias fueron obtenidas con la dosis de 250 mg/L de FeSO₄ y 990 mg/L de H₂O₂, con el cual se lograron eficiencias de remoción de la DQOt y s del 91 y 90 por ciento respectivamente, los SST en un 86.2 %.

Tabla 2. Porcentajes de remoción por el método Fenton y foto Fenton.

Parámetros	Lixiviado concentración Inicial	Método Fenton 1000 mg/L		Foto Fenton 250 mg/L	
		Concentración Residual	% Remoción	Concentración Residual	% Remoción
pH	7.74	3	----	3.41	
Turbidez UNT	2,360	4.26	99	6.35	99
Conductividad (mS/cm)	5.69	6.5	----	7.2	----
DQOt (g/L)	8.3	0.52	95	0.72	90.8
DQOs (g/L)	7.2	0.5	93	0.7	90.2
SST (mg/L)	290	30	95	40	86.2

4. Conclusiones

Se determinó que el proceso foto-Fenton es una alternativa eficiente para el tratamiento de efluentes con las características contaminantes que presenta el lixiviado (DQO total > 30 000 mg/L). El foto-tratamiento de la matriz sin dilución condujo a buenos resultados de remoción de contaminantes, se puede reducir la dosis de sulfato ferroso a 250 mg/L para remover el 91 por ciento de la DQOt, esta misma remoción se alcanzó con el proceso Fenton, pero con 1000 mg/L de sulfato ferroso.

Agradecimientos

Al Concyteg y Conacyt por el apoyo económico recibido por el proyecto. Fomix-Guanajuato 2009-CO2-119987.

Referencias Bibliográficas

- [1] Barquín Bravo Luz María Georgina (2012). Tratabilidad fisicoquímica de los lixiviados generados en los tiraderos de la ciudades de Guanajuato y Silao. Tesis de licenciatura en Ingeniería Ambiental, Universidad de Guanajuato, México.
- [2] APHA, AWWA, WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20a ed. 1998. Washington, EUA.
- [3] Tchobanoglous G., Theisen H. and Vigil S. Gestión integral de los residuos sólidos volumen 1 y 2, 1998. Mac Graw Hill.
- [4] Umar M., Aziz A., Suffian Y. Trends in the use of Fenton, electro-Fenton and photo-Fenton for the treatment of landfill leachate. Waste Management. **30**, 2010. Pp 2113-2121.

Análisis de la contaminación por metales pesados de los residuos sólidos confinados en el relleno clausurado de Morelia

¹Otoniel Buenrostro Delgado, ²Ma. del Consuelo Hernández Berriel, ¹Liliana Márquez Benavides y ³Ruth Alfaro Cuevas

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. Morelia, Michoacán, México. email: otonielb@umich.mx

²Instituto Tecnológico de Toluca. Av. Tecnológico S/N, Frac. Ex-Rancho La Virgen. Metepec, Edo de México, México.

³Instituto de Investigaciones Químico Biológicas. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Ciudad Universitaria. Edificio B1. Morelia, Michoacán, México.

Resumen

La contaminación del suelo por metales proveniente de los residuos sólidos urbanos confinados en el relleno clausurado de Morelia, hace importante profundizar los análisis de estos contaminantes. Lo anterior debido a que el sitio se ubica en un área de recarga de los mantos freáticos y la concentración en el agua de pozos de abastecimiento de algunos metales por arriba de los límites máximos permitidos se ha demostrado. Además, se ha confirmado que los residuos sólidos confinados difieren en la composición y los estados de degradación. No obstante, aún existe incertidumbre del tamaño de muestra utilizada en los estudios realizados. Como objetivo se planteó corroborar la presencia de metales pesados y arsénico en los residuos sólidos confinados y ampliar los análisis a muestras de residuos separadas en fracciones orgánica, inorgánica y homogénea para mejorar el diagnóstico de la afectación de los contaminantes analizados en el sitio de estudio. Se analizaron las tres fracciones de ocho muestras por duplicado mediante espectrofotometría de masas y el método de generación de hidruros. Los resultados de los análisis determinaron la presencia en las tres fracciones de residuos de plomo, cobre, cromo, níquel, hierro, zinc y arsénico. Similar a resultados de estudios anteriores el cadmio mostró concentraciones menores al nivel de detección del espectrofotómetro, por lo que este estudio ratifica y revalida los resultados de investigaciones anteriores, lo cual es determinante en la toma de decisiones para el manejo post-clausura del sitio de estudio.

Palabras clave: *Composición, Contaminación, Fracción, Lixiviados, Orgánica*

1. Introducción

La contaminación del suelo, agua y aire son problemas ambientales derivados del uso irracional de los recursos naturales. En el caso de la contaminación del suelo, esta se ocasiona principalmente por la disposición inadecuada de los residuos sólidos (RS) y sobre todo por el diseño y funcionamiento de los rellenos en que se depositan los RS, pues el escape de lixiviado afecta la calidad de las aguas superficiales y subterráneas [1]. El impacto de los metales pesados (MP) ocurre cuando sus concentraciones exceden los límites máximos permisibles (LMP) en el ambiente y su bioacumulación (aumento en la concentración de un producto químico o biológico en cierto plazo) los hace tóxicos para los seres vivos [2]. Los metales tienen energías de ionización bajas y existen varios términos y categorías para describirlos como son: los metales traza, metales de transición, metales tóxicos y metales pesados [3]. Se denominan pesados a los metales cuya densidad es mayor de cinco g/cm³, no obstante, la connotación se emplea también para aquellos metales de los grupos

de transición y postransición como son el Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb y Zn al igual que el de los metaloides, As y Se [4]. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) incluye en la lista de contaminantes de mayor atención por su toxicidad y disponibilidad los siguientes 14 elementos traza: antimonio, arsénico, berilio, cadmio, cromo, cobre, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio, zinc y berilio [3].

La concentración de MP depende de su movilidad debido a su estado de oxidación, la cantidad vertida y del tipo de suelo. La capacidad del suelo para retener MP está en función de la capacidad de intercambio catiónico (CIC). Debido a esta última es que los MP pueden ser retenidos en los suelos, no obstante su movilización en la solución del suelo se da por diferentes mecanismos biológicos (contenido de materia orgánica), físicos (textura y estructura del suelo) y químicos como precipitación, cambio iónico y absorción/desorción, en las que influye el pH, carbonatos en las arcillas y los óxidos de Fe y Mn. La movilidad natural de los metales pesados en el suelo es consecuencia de la actividad biológica, de las interacciones sólido-líquido y por el agua [5].

La toxicidad de los metales depende no solo de su concentración, sino también de su movilidad y reactividad con otros componentes del ecosistema. Si la movilidad de los metales es baja, se acumulan en el horizonte superior del suelo ya que solo se lixivian en pequeñas cantidades hacia los horizontes inferiores [6]. El objetivo de este trabajo fue analizar mediante espectrofotometría de masas y del método de generación de hidruros la presencia de metales pesados y arsénico en muestras de las fracciones orgánica, inorgánica y homogénea de los residuos sólidos.

2. Material y métodos

2.1. Selección de los pozos de muestreo y toma de las muestras de residuos sólidos

El sitio de estudio fue el relleno clausurado de Morelia. Los puntos de muestreo se seleccionaron por medio de un sistema de cuadrantes orientados de sur oeste a noreste; una vez seleccionados estos, se cavó con una retroexcavadora con extensión (Case 2002®), a una profundidad de tres metros y se tomaron muestras de RS de aproximadamente tres kilos. Las muestras se colocaron en bolsas de polietileno negras, se etiquetaron y se colocaron en una hielera para su traslado al laboratorio.

2.2. Caracterización de las muestras

La caracterización de los subproductos de las muestras de los residuos sólidos se realizó de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NMX-AA-022-1985 [7]. Finalizada la separación de los componentes se trituraron con tijeras y se molieron con un Molino analítico (MF 10®) con una criba de un milímetro y se depositaron en frascos de plástico y refrigeraron.

2.3. Digestión de las muestras y análisis de metales pesados

Previo al análisis las muestras se sometieron a una digestión ácida de sedimentos de acuerdo con el método EPA 3050B [8]. La cantidad de muestra a digerir fue de un gramo y se realizó por duplicado.

El análisis de metales se efectuó con un espectrofotómetro de absorción atómica de flama (FLAA) de acuerdo con la norma NMX-AA-051-SCFI-2001 [9]. El arsénico se determinó con el método de generación de hidruros [10]. El análisis de cada una de las muestras se realizó por duplicado.

2.4. Análisis estadístico

Los resultados obtenidos se capturaron en una base de datos en Excel y se procesaron con estadística descriptiva.

3. Resultados y Discusión

Se analizaron 24 muestras por duplicado, ocho de cada fracción orgánica, inorgánica y homogénea, respectivamente. De los ocho elementos analizados el plomo fue predominante en la fracción homogénea (118 mg/kg), el cobre en la fracción inorgánica (244 mg/kg), el níquel en la fracción orgánica (56 mg/kg), el zinc en la inorgánica (329 mg/kg). Es de resaltar que respecto al cromo solo se detectó en el pozo uno de la fracción inorgánica en una cantidad significativa (827 mg/kg); el fierro aunque se presentó en cantidades similares en las tres fracciones fue mayoritario en la fracción orgánica (26, 145 mg/kg). Lo anterior debido al estado de oxidación de este metal que lo hace más móvil y adsorbido por la materia orgánica; el arsénico también fue predominante en la fracción orgánica (59 mg/kg). El cadmio se encontró en cantidades por abajo del nivel de detección del espectrofotómetro (< uno mg/kg). Las tablas uno a la cuatro muestran los contenidos promedio de las dos lecturas de cada uno de los elementos analizados en las tres fracciones de los residuos sólidos.

Tabla 1, Contenido promedio de plomo y cobre en las muestras de RSU analizadas (mg/kg)

Pozo	Plomo			Cobre		
	Orgánica	Inorgánica	Homogénea	Orgánica	Inorgánica	Homogénea
1	41.5	88.5	11.5	12.5	0	0
2	37.5	41.5	49	23	0	0
3	57	35	175	0	1889	343.5
4	27.5	124	14.5	0	0	0
5	47.5	56	64.5	276.5	0	0
6	110.5	92.5	246	4	0	22.5
7	41.5	14.5	270	4	0	419
8	21	7.5	115	0	64.5	0

Tabla 2, Contenido promedio de cromo y cadmio en las muestras de RSU analizadas (mg/kg)

Pozo	Cromo			Cadmio		
	Orgánica	Inorgánica	Homogénea	Orgánica	Inorgánica	Homogénea
1	0	827.5	321.5	*nd	nd	nd
2	0	0	0	nd	nd	nd
3	41	0	0	nd	nd	nd
4	0	0	0	nd	nd	nd
5	0	0	127.5	nd	nd	nd
6	6	0	5	nd	nd	nd
7	0	0	0	nd	nd	nd
8	0	0	0	nd	nd	nd

*nd: no detectable

Tabla 3, Contenido promedio de níquel y fierro en las muestras de RSU analizadas (mg/kg)

Pozo	Níquel			Fierro		
	Orgánica	Inorgánica	Homogénea	Orgánica	Inorgánica	Homogénea
1	55	29	63	35020	8701	30500
2	64.5	45	55	26505	26875	16414.5
3	79	30.5	50.5	23475	13860	17607.5
4	45	25.5	26.5	17065.5	12734.5	15236.5
5	53.5	21.5	51.5	18676	21310	15364.5
6	53	16.5	34.5	20715	21052.5	35675
7	48	38.5	43.5	28665	28020	28610
8	57	60.5	51	39045	29925	24335

Tabla 4, Contenido promedio de zinc y arsénico en las muestras de RSU analizadas (mg/kg)

Pozo	Zinc			Arsénico		
	Orgánica	Inorgánica	Homogénea	Orgánica	Inorgánica	Homogénea
1	132.5	173.5	322	3.775	19.875	2.845
2	78	900	117.5	3.32	4.25	52.44
3	172.5	238	241.5	111.11	15	55.555
4	121.5	155.5	71.5	35.505	4.095	16.04
5	120.5	277	122	107.035	86.645	1.44
6	213	581	430.5	1.44	65.235	1.605
7	164.5	257	73.5	151.885	134.555	1.12
8	57	50.5	55.5	60.145	1.065	1.025

La tabla 5 muestra los contenidos promedio de metales pesados y arsénico encontrados por [11] en la fracción orgánica de los residuos sólidos confinados en el relleno clausurado de Morelia. Con excepción del cadmio cuyos valores no fueron detectables en este estudio, el resto de metales se encontró en cantidades estadísticamente similares. Es de resaltar que el contenido de arsénico fue muy elevado con respecto a los resultados de [11].

Tabla 5, Contenido promedio de metales pesados y arsénico en fracción orgánica (mg/kg)

Pozos	Fe	Cu	Cd	Pb	Ni	Zn	As
Pozo 1	181300	42.45	*	25.3	84.8	93.9	0.49
Pozo 2	183700	32.8	*	38.9	66.25	119.3	0.975
Pozo 3	178300	65.2	*	67.85	67.15	331	0.8
Pozo 4	176900	40.25	*	88.25	65	340.5	0.9825
Pozo 5	176700	119.925	*	97.6	62.15	351.5	0.905
Pozo 6	132797.5	79.75	*	65.15	86.55	117.9	0.7025
Pozo 7	164850	34.15	22.15	46.55	83.55	300	0.7575
Pozo 8	174100	64.85	30.7	59.25	75.3	144.6	0.4275

Fuente: [11].

Los resultados de este estudio confirman lo encontrado por [11], de que los residuos sólidos urbanos confinados en el relleno clausurado contienen diversos contaminantes metálicos y arsénico. Además, la comparación de las concentraciones más altas en lixiviado reportadas por [12], con las encontradas en esta investigación y la de [11], confirman que los contaminantes analizados escapan hacia el exterior del sistema (tiradero), a través de los lixiviados.

4. Conclusiones

- La concentración de metales y arsénico en diferentes muestras y en las fracciones, encontrada en este estudio confirma que los residuos sólidos confinados en el sitio de estudio son la fuente de contaminación de los lixiviados que escapan del mismo sitio.
- Al comparar los resultados de [12], con los de esta investigación, se corrobora que los metales pesados son arrastrados por los lixiviados que percolan a través de la matriz de residuos.
- Estos resultados remarcan la necesidad de ampliar la legislación sobre metales pesados en residuos sólidos y lixiviados.

Referencias Bibliográficas

- [1] Tchobanoglous, G. Theisen, H. Samuel, A. V. *Gestión integral de los residuos sólidos*. 2da ed. 2004. Editorial: Mc Graw Hill/Interamericana. México. 1107 p.
- [2] Mackenzie L, D. Cornwell D, A. 2008. *Introduction to environmental engineering*. Fourth ed. 2008. McGraw Hill. USA. 1008 p.
- [3] USEPA. AP-42: Compilation of air pollutant emission factors, AP-42. 5th Edition, Volume 1: Stationary Point and Area Sources Chapter 2: Solid waste disposal, Section 2.4. 2008. US EPA Supplement E. USA.
- [4] Jiménez C, B. La contaminación ambiental en México. Causas, efectos, y tecnología apropiada. Primera ed. 2001. Ed. LIMUSA. México. 911p.
- [5] LaGrega M,D. Buckingham P, L. Evans J, C. *Hazardous waste management*. 2da. Ed. 2001. McGraw Hill. USA. 1202 p.
- [6] Castillo R, F. Roldán R, M. Blasco P, R. Huertas R, M. Caballero D, F. Moreno V, C. Luque R, M. *Biotecnología ambiental*. 3ra. Ed. 2005. Tébar. España. 614 p.

- [7] SECOFI (Secretaría de Fomento Industrial). Norma Mexicana NMX-AA-022-1985. Protección al ambiente-contaminación del suelo-residuos sólidos municipales-selección y cuantificación de subproductos. 1985. México. 5 p.
- [8] EPA (Environmental Protection Agency) Method 3050: Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils. 2002. USA.
- [9] DOF (Diario Oficial de la Federación). Norma Mexicana NMX-AA-051-SECFI-2001. Análisis de agua. Determinación de metales por absorción atómica en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas. 2001. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. (Accesado en marzo del 2012) <http://www.economia-nmx.gob.mx/>
- [10] Villalobos C, B. Contenido de metales pesados en agua y sedimentos en la desembocadura del río grande de Morelia en el lago de Cuitzeo. Tesis de licenciatura. 2007. Fac. de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 92 p.
- [11] Nila C, J. A. Determinación de metales pesados en la fracción orgánica de los residuos sólidos confinados en el antiguo relleno de tierra de Morelia, Mich. Tesis de Licenciatura. 2009. Fac. de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 69 p.
- [12] Israde I. Buenrostro O. Carrillo-Chávez A. Geological characterization and environmental implications of the placement of the Morelia landfill, Michoacan, Central Mexico. *Journal of the Air and Waste Management Association*. 55. 2005.755-764.

Diagnóstico de las condiciones actuales de operación de los Sitios de Disposición Final del Estado de México

¹Raúl González Cruz, ²Juan Felipe Núñez Espinoza, ¹Fabián Robles Martínez

¹ Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biología (UPIBI)- Instituto Politécnico Nacional (IPN), Av. Acueducto de Guadalupe S/N, Barrio La Laguna Ticomán, CP 07330, Del. Gustavo A. Madero, Distrito Federal, México, froblems@ipn.mx

² Colegio de Postgraduados (CP), Departamento de Desarrollo Rural, Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, CP 56230, Municipio de Texcoco, Estado de México.

Resumen

En México se generan aproximadamente $35 \times 10^6 \text{Ton} \cdot \text{año}^{-1}$ de Residuos Sólidos Urbanos (RSU), las entidades federativas que aportan la mayor cantidad de RSU son el Estado de México (Edomex) y el Distrito Federal (D.F.) (juntos generan el 28% del total nacional). Después del cierre del Relleno Sanitario (RS) del D.F. en el 2011 (el cual recibía $13,400 \text{Ton} \cdot \text{d}^{-1}$), los RSU generados por dicha entidad tuvieron que canalizarse a diversos Sitios de Disposición Final (SDF) del Edomex. El objetivo general del presente trabajo fue diagnosticar las condiciones actuales de operación de los SDF del Edomex. Los resultados serán puestos a disposición de autoridades y público en general, pretende ser una herramienta que ayude a hacer funcionales las redes sociales formadas a partir del manejo de RSU. Para ello se levantó información técnico-operativa con cuestionarios aplicados a los encargados de dichos sitios y a pepenadores, además se geoposicionaron los sitios con ayuda de un celular con sistema Android2.2 y la herramienta megafone.net, finalmente se evidenciaron factores socioeconómicos y ambientales con ayuda de fotografías digitales de 2mpx. Se visitaron 77 de los 79 SDF totales en operación, de los cuales 20 son RS (14 privados, 6 municipales), 17 SDF controlados y 42 SDF No controlados. Los datos anteriores difieren de lo reportado por el Gobierno del Edomex (2012), que reconoce 13, 25 y 32 sitio respectivamente. Tan solo 54% de los encargados de los sitios tienen el conocimiento necesario en materia de RSU, por lo que hay una mínima planeación durante la apertura, operación y clausura de SDF.

Palabras Clave: *Geoposicionamiento, Redes Sociales, Residuos, Vertederos.*

1. Introducción

La degradación ambiental que sufre el planeta ha puesto a pensar a científicos, sociedad civil y gobiernos en las posibles alternativas para frenar e intentar disminuir los impactos negativos generados sobre éste. Desde el inicio del sistema de producción (y consumo) industrial, el ambiente se ha visto comprometido. Por un lado, la transformación productiva incentivó la demanda tanto de recursos como de energía, mientras que por el otro, se han visto cambios significativos en el volumen y en la composición de los residuos producidos por las sociedades del mundo [1], [2]. Con el desplazamiento de la población rural de los años cincuenta y sesenta a las ciudades, la densidad de la población urbana aumentó, y con ello, la demanda de recursos naturales y la generación de residuos [3]. Debido a que se generan productos de bajo costo y que ahorran trabajo, se ha creado una sociedad “desechable” [3]. En México, principalmente en el centro del país, las estadísticas sobre RSU son relativamente recientes [4]. A pesar de que en la actualidad se está generando una gran cantidad de información sobre RSU en México, las cifras reportadas, en los últimos años, sobre la generación de RSU han sido generadas con base en mediciones indirectas y estimaciones, calculadas por la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) [2]. Las consecuencias ambientales

de una inadecuada disposición de los residuos se expresa directamente en un deterioro de la salud de las personas y de los ecosistemas naturales, entre otras causas se encuentran la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI), el adelgazamiento de la capa de ozono, contaminación de los suelos y cuerpos de agua, proliferación de fauna nociva y transmisión de enfermedades [5], [6].

Si bien la falta de estudios epidemiológicos no ha permitido corroborarlo directamente, se reconoce que existen agentes en los residuos causales de determinadas afecciones a la salud de las personas [7]. En sitios donde accidental o intencionalmente se realiza la quema de los RSU, se forman dioxinas y furanos [8]. Debido a que el Estado de México es la entidad federativa con mayor generación de RSU en el país, con el 16% del total nacional [9], es importante identificar la dimensión del sistema de Gestión de dichos residuos. En el Estado de México se genera un estimado de 14, 484 Ton/d, con una generación per cápita de 1.05 kg [10] [6]. Por otro lado el Distrito Federal (D.F.) con el 12% de la generación total nacional [9], en sus 16 delegaciones genera 12, 589 ton RSU/d con una generación per cápita de 1.55 kg [11]. Actualmente el Sitio de Disposición Final (SDF) es la tecnología más utilizada para el tratamiento de los RSU [4] [12] En ésta dirección, las condiciones propias de un país no desarrollado más una serie de intereses que se sobreponen a la agenda pública en la materia hacen que el tema ambiental se encuentre en un estado lamentable [1].

2. Metodología

2.1. Levantamiento de la información

Se aplicaron cuestionarios a autoridades responsables de la gestión de los RSU en los municipios. Posteriormente se procedió a visitar los SDF, en donde se verificó la información proporcionada y se geoposicionaron los sitios, para esto último, se utilizó la herramienta megafone.net (un Dispositivo comunitario de publicación móvil en la Web generada a través de proceso colectivos en el sistema zeze.net, donde se cuenta con una aplicación llamada OjoVoz y se instaló en un celular con sistema Android 2.2). Esto permitió el geoposicionamiento de cada uno de los SDF, además se evidenciaron con fotografías digitales de 2 mpx los factores sociales, económicos y ambientales presentes en los Sitios. Se intentaron geoposicionar todos los SDF en operación en el Estado de México, sin embargo, en dos de ellos no respondieron a las repetidas solicitudes que se enviaron pidiendo la autorización para la visita a los RS (Ixtapaluca y Cuautitlán Izcalli).

2.2. Procesamiento de la información

Se generaron los estadísticos correspondientes y se compararon con los reportados por dependencias públicas como la Secretaría del Medio Ambiente y el Gobierno del Estado de México. Posteriormente se propusieron algunos indicadores de sostenibilidad, considerando los factores ambientales, económicos y sociales. Se seleccionaron los sitios donde facilitaron la mayoría de la información técnica de operación de los SDF, esto para tener punto de comparación entre los diferentes sitios considerando su operación de manera sostenible. Los autores esperan que dicha información generada facilite la toma de decisiones de los encargados en materia de GIRSU.

3. Resultados y Análisis

3.1. Resultados estadísticos de las condiciones actuales de operación de los SDF en Operación en el Estado de México

Se visitaron de 77 de los 79 SDF en operación en el Estado de México. El Gobierno del Estado de México (GEM, 2012) publicó que en dicho estado existen 77 SDF en operación, sin embargo, 7 de estos sitios ya se encuentran clausurados y no cuentan con información de otros 8 SDF que se encuentran operando actualmente. En cuanto a los tipos de SDF que operan actualmente en el Estado de México (Ver Figura 1), existen diferencias entre la información obtenida in situ (información obtenida directamente de los encargados de los SDF), lo publicado por el GEM (2012) y lo que se verificó con información básica en el SDF (2012) con respecto a las definiciones de los diferentes tipos de sitios establecidas en la NOM-083-SEMARNAT-2003.

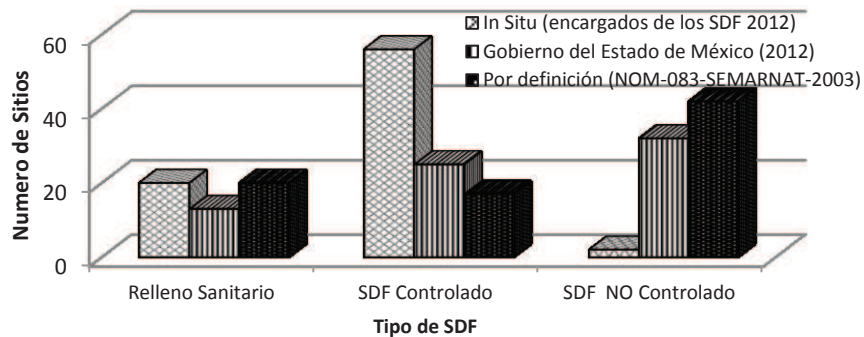


Figura. 1. Cantidades totales de los tres diferentes tipos de SDF en el Estado de México

Rellenos Sanitarios: Con respecto a la información obtenida directamente de los encargados de los SDF, existe poca noción de lo que es el Manejo Integral de los RSU, poco menos de la mitad de los encargados entrevistados, tienen una idea muy básica sobre la operación de un SDF, puesto que en 5 sitios (Temamatla, Polotitlán, Chicoloapan, San Simón de Guerrero y Tenango del Valle), los nombraron como Relleno Sanitario, los cuales son SDF no controlados. **SDF controlados:** 56 de los encargados de los SDF en operación en el Estado, definieron su sitio como un SDF controlado, el GEM (2012) hace referencia a 25, después de la visita a los mismos, apoyados de la definición de SDF controlado de la NOM-087-SEMARNAT-2003, se descartan 8 que se reclasifican como SDF no controlados, dichos sitios son: Chicoloapan, Huehuetoca, Nopaltepec, Coatepec Harinas, Zacualpan, Almoloya del Río, Villa Victoria y Apaxco. Los 31 sitios restantes que los encargados consideran como SDF controlados, adicionales a lo que publicó el GEM, probablemente sean considerados por ellos de esa manera, en parte por la poca preparación en cuanto a la operación de un SDF, desconociendo las definiciones de los tipos de SDF.

SDF no controlados: En cuanto a los SDF no controlados, tan solo 2 encargados de estos sitios los clasificaron dentro de este tipo (Joquicingo e Ixtapan del Oro). El GEM (2012) reconoce 32 SDF no controlados. Se consideran los 8 sitios que no cumplen como SDF controlado y entran en la clasificación de SDF no controlados (mencionados anteriormente), un segundo sitio en el municipio de Ixtapan del Oro y otro más en la comunidad Palmar, en el municipio de Amatepec. Se observa una diferencia de 10 sitios, entre lo publicado por el GEM y lo reportado en el presente trabajo, por lo que realmente existen 42 SDF no controlados que operan actualmente en el Estado de México.

Nivel de preparación académica: A pesar de que alrededor del 50 % de los encargados de los SDF tienen un nivel de estudios superior o de posgrado, son muy pocos los que han recibido en sus estudios un entrenamiento en operación de SDF, como es el caso de dos Ingenieros Ambientales y tres Ingenieros Civiles. Como encargados de SDF se han encontrado personas con carreras que van desde Ing. Biotecnólogo, Agrónomos, Biólogos, Arquitectos, Veterinarios, Ing. Electromecánico, Odontólogo, además de algunos profesionistas del área de ciencias sociales como Lic. en Turismo, en Derecho, Contadores y hasta un Pedagogo y un Filósofo. Los que cuentan con una maestría son en Ciencias de la Educación, Parasitología, Arqueogeoeconomía y en Administración. Tan solo el 38 % del total de los encargados de los SDF, reciben capacitación, principalmente en temas relacionados con la operación de un SDF y separación de RSU. Alrededor del 54 % de los encargados de los SDF en el Estado de México cuentan con conocimientos y/o la experiencia necesaria para la correcta operación del sitio que tienen a su cargo.

3.2. Indicadores de sostenibilidad

Indicadores Ambientales: Conforme empeoran las condiciones de operación, los costos por cada Ton de RSU aumentan. Si mencionamos que generalmente la cobertura de los RSU en los Rellenos Sanitarios es diaria, para los SDF controlados es en un promedio de cada 2 o 3 meses y para los SDF NO controlados usualmente cubren los residuos una o dos veces al año, por lo que en éstos último cuando se realiza la cobertura se consumen cantidades importantes de combustible. Se obtiene en promedio un indicador de 1.46 para los RS. Con respecto a los SDF controlados, en promedio un indicador de 2.042. Finalmente para los SDF NO controlados un máximo de 10 en el municipio de Huehuetoca y un valor promedio de 3.27 (Ver Figura 2).

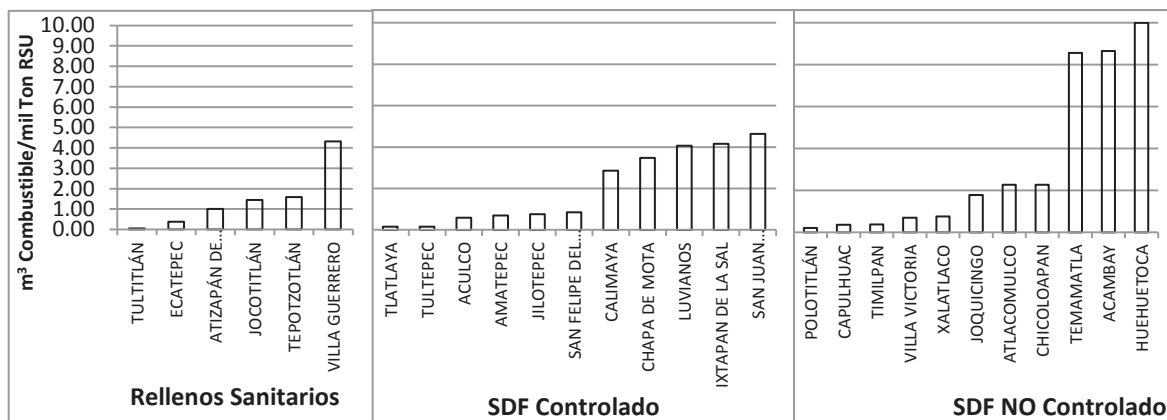


Figura 2. Volumen de combustible consumido por cada 1,000 Ton de RSU en los diferentes tipos de SDF.

Indicador Económico: Se tienen menores costos de operación, por Ton, en los Rellenos Sanitarios, con un promedio de \$31.00/Ton de RSU. Cabe mencionar que en promedio, en los Rellenos Sanitarios del Estado de México se cobra \$150/Ton de RSU que ingresa. Con respecto a los SDF controlados, se obtiene un indicador de 65.00. Conforme empeoran las condiciones de operación, los costos de operación por Ton también aumentan, esto relacionado principalmente con el combustible requerido por la maquinaria. Finalmente para los SDF no controlados, este precio continua en aumento, obteniendo un indicador promedio de \$86.00/Ton de RSU.

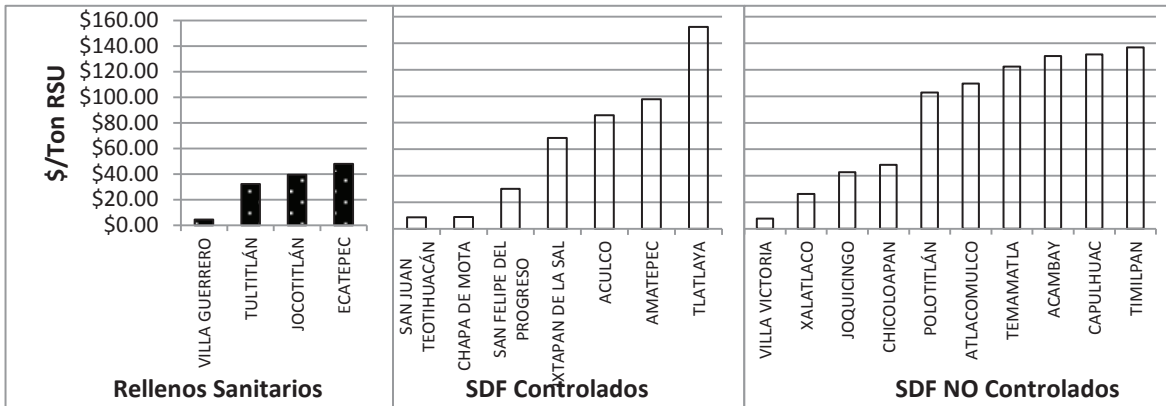


Figura 3. Costo total de operación en pesos por cada Ton de RSU que ingresa a los diferentes tipos de SDF

Indicadores Sociales: La cantidad de empleos formales disminuye conforme empeoran las condiciones de operación del sitio. Por otro lado la cantidad de empleos informales se comporta de manera inversa (Ver Figura 4), éste último, pasando de un máximo de 0.8 en el Relleno Sanitario de Tultitlán, 2.74 para el SDF controlado de Ixtapan de la Sal hasta un máximo de 14 para el SDF NO controlado del municipio de Chicoloapan, esto debido a la magnitud de las cantidades de los RSU que ingresan a cada sitio, además de considerar que en los SDF NO controlados puede ingresar casi cualquier número de personas a los sitios para recuperar materiales valorizables, lo que no sucede en los Rellenos Sanitarios.

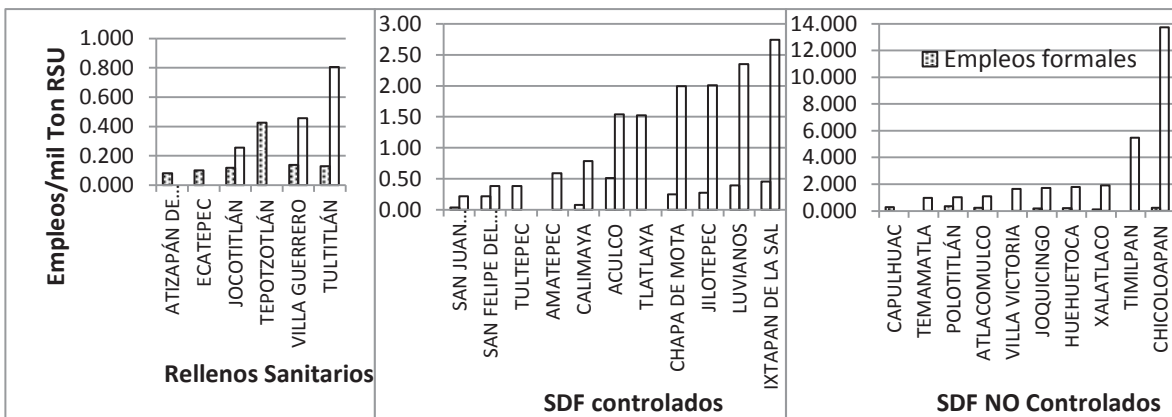


Figura 4. Total de empleos formales e informales creados por cada 1,000 Ton de RSU dispuestos en los diferentes tipos de SDF

Geoposicionamiento de los SDF: No se pudieron anexar las coordenadas geográficas de todos los SDF en operación en el Estado de México por cuestiones de espacio. Tampoco es posible incluir el link de la página web que comprende toda la información, puesto que la información obtenida no se ha terminado de analizar en su totalidad y aún no se encuentra publicada.

4. Conclusiones

Se generaron y analizaron los indicadores de sostenibilidad de los SDF, correspondientes a parámetros ambientales, económicos y sociales, en los sitios donde se pudo obtener la información más completa. Conforme empeoran las condiciones de operación en los tres diferentes tipos de SDF, el indicador del número de empleados informales (pepenadores) aumenta, al igual que el indicador de las cantidades de materiales que recuperan. En contraste, conforme mejoran las condiciones de operación el costo total por Ton de RSU disminuye, debido a que los indicadores de gastos de combustible y de agua son menores, a pesar de que en la mayoría de los Rellenos Sanitarios la cobertura de los RSU se realiza a diario. El nivel real de conocimiento de los encargados de los SDF en el Estado de México en materia de GIRSU, especialmente en la operación de los SDF, es muy limitado, apenas el 54 % de los encargados de los SDF en operación en el Estado de México cuentan con una carrera relacionada con el área de la GIRSU.

Referencias Bibliográficas

- [1] Pérez, E., & Valderrábano, M. (2011). Medio ambiente, sociedad y políticas ambientales en el México contemporáneo. Primera Edición. Ed. Migue Ángel Porrúa. México. Pp 218.
- [2] SEMARNAT-SNIAR. (2012). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México: Compendio de estadísticas ambientales, indicadores clave y desempeño ambiental. SEMARNAT. México.
- [3] J. Glynn, H., & Garry W., H. (1999). Ingeniería Ambiental. Segunda Edición. Ed. Pearson Education. México. Pp 800.
- [4] INE. (2007). Instituto Nacional de Ecología de Residuos Sólidos Urbanos. Recuperado el 13 de Abril de 2013 desde <http://www.ine.gob.mx/>
- [5] SEMARNAT-REMEXMAR. (2006). Bases para Legislar la Prevención y Gestión Integral de Residuos. SEMARNAT. México.
- [6] GEM-GTZ. (2009). Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial-Documentos Técnicos y Normativos del Estado de México. GEM-SMA. México.
- [7] Tello Espinoza, P., Martínez Arce, E., Daza, D., Soulier Faure, M., & Terraza, H. (2010). Regional Evaluation on Urban Solid Waste Managment in Latin America and the Caribbean-Report. PAHO-AIDIS-IDB.
- [8] Peralta, M., & Zamora, P. (2003). Contaminación atmosférica producida por la quema de basura en las Pampas de Reque (Perú). Universidad Señor de Sipán-Recuperado el 22 de Abril de 2013, de http://www.uss.edu.pe/investigacion/articuloscientificosdedocentes/articulo_cientifico_peralta_zamora.pdf
- [9] SEDESOLa. (2012). Generación estimada de residuos sólidos urbanos por Entidad Federativa-Dirección General de Equipamiento e Infraestructura en Zonas Urbano-Marginadas. México: SEDESOL.
- [10] GEM-SSC. (2012). Programa de protección civil para basureros. GEM. México.
- [11] SMADF. (2010). Inventario de Residuos Sólidos del Distrito Federal. SMA. México.
- [12] SEMARNAT-GTZ. (2007). Guía para la revisión de proyectos ejecutivos planes de regularización o evaluación de la conformidad según la NOM-083-SEMARNAT-2003. SEMARNAT. México.

Simulación de Transporte del Contaminante en la Zona Vadosa del Relleno Sanitario Municipal de la Ciudad de Chihuahua, Chih.

¹César Modesto Acosta, ² José Rivera Mejía

¹Departamento de Química y Bioquímica, Instituto Tecnológico de Chihuahua, Chihuahua, Chih. México., (614)2012000
cmodesto@itch.edu.mx

²División de Estudios de Posgrado en Electrónica, Instituto Tecnológico de Chihuahua, Chihuahua, Chih. México.

Resumen

Esta investigación desarrolló el procedimiento de evaluación (PEC) de la Norma Oficial Mexicana (NOM-083-SEMARNAT-2003), apartado 10.5.3, que fija criterios para el estudio de las características geológicas, geohidrológicas e hidrológicas de los sitios destinados a la disposición final de residuos sólidos urbanos y especiales; caracterizando la química e isoconcentraciones de los pozos de agua cercanos al relleno de la ciudad de Chihuahua, México, en los parámetros de sulfatos, cloruros, calcio, magnesio, sodio, potasio, alcalinidad, conductividad eléctrica (CE), potencial de hidrogeno (pH), nitratos, hierro y fluoruros. Clasificando los tipos de aguas de acuerdo a Piper y simulando el viaje del contaminante en la zona vadosa con el paquete HELP 3.07 del Lansat Unsat Suite 2.2.

En la determinación estratigráfica del área se empleó la técnica de sondeos eléctricos verticales, interpretados por tres metodologías, empleando los resultados de la caracterización geológica, mismos que conjuntamente con los datos climatológicos y las cantidades de basura alojadas sirvieron como datos de entrada en la simulación.

Identificando alteraciones positivas entre un 7.38 y 45.41 % respecto a las medias de los niveles de CE, magnesio, alcalinidad, sodio, calcio y fluoruros. En pH, cloruros, potasio y sulfatos se identificaron alteraciones negativas con porcentajes de 2.8 a 23.26, respecto a nitrógeno y hierro presentaron alteraciones puntuales. Asimismo, se determinaron aportación de las capas suprayacentes al nivel freático que van desde los 0 a los 696 m³ por año y volúmenes acumulados en las secciones geológicas de 381.8 a 6938.5 m³ a lo largo de los 30 años de simulación.

Palabras Clave: *Agua subterránea, calidad del agua, relleno sanitario, simulación.*

1. Introducción

La problemática del manejo y disposición de los residuos sólidos urbanos (RSU) no se limita solo a los países en desarrollo, ya que pueden citarse algunos casos documentados, tales como el sucedido en Australia en la provincia costera de New South Wales [1], donde se han tratado de restaurar espacios donde antes se desarrollaron actividades de minería y disposición de residuos; otro es el caso de la localidad de Gdańsk-Wschód en Polonia [2], donde se han implementado técnicas avanzadas en el tratamiento y manejo de lixiviados; así también se puede mencionar lo acontecido en Nova Scotia en Canadá [3], donde el manejo de los lixiviados y su interacción con los escurrimientos de las aguas pluviales es un reto continuo para evitar la propagación de la contaminación; presentando en todos estos casos adecuados programas de remediación. Por el contrario, en la mayoría de las grandes ciudades de África [4] y Latinoamérica el manejo de

residuos municipales es un problema que potencialmente pudiera dañar al ambiente, incluyendo el agua subterránea [5], que a la vez se pudiera convertirse en problema de salud pública.

En la República Mexicana al igual que muchos otros países en el mundo se enfrenta el gran reto del manejo de los RSU [6], debido a que estas técnicas de manejo controlado no son aplicadas, además de que se avanza de forma muy lenta en los objetivos para el mejoramiento de los servicios de aseo urbano y en la reducción de la generación de residuos.

Un esfuerzo realizado en este sentido por el Gobierno de Estado de Chihuahua, fue la regularización de la situación legal en el año de 2000 del predio donde se dispusieron los RSU del municipio de Chihuahua por más de siete años, dando pie a los estudios previos de apertura de la segunda celda del relleno sanitario (RS), ya que la primera celda presentaba espacio insuficiente para alojar los volúmenes de disposición, presentando para el año del 2002 sobrepaso a los volúmenes de diseño, saliéndose de las características adecuadas para un RS. Además de no contar con estudios previos formales para su operación debido a que al inicio de operaciones no se existía una regulación total de estos sitios; pero con los lineamientos y especificaciones establecidas por el Gobierno Federal, para el 10 de octubre del 2003 con la publicación de la Norma Oficial Mexicana 083-SEMARNAT-2003 [7] en el Diario Oficial de la Federación, dentro de su numerario 11.-Cumplimiento, exigía su regularización o clausura un término menor a dieciocho meses. Por ello el presente trabajo caracteriza un sitio destinado a la disposición final de RSU y especiales de acuerdo a lo solicitado por la normatividad, complementándose con la química del agua subterránea de los nueve pozos existentes en el área de influencia del relleno respecto a doce parámetros fisicoquímicos, diagnosticando con ello el estado del RS de la ciudad de Chihuahua, México, relacionado con la aportación de lixiviados, estableciendo el punto de partida en la evolución de la química del acuífero y que en conjunto con el análisis del diagrama de Piper y con las isoconcentraciones de los parámetros se pudieron establecer patrones de alteración significativos en potasio, sulfatos, cloruros y pH, en las áreas contiguas al predio en estudio, así también con la simulación del viaje del contaminante en la zona no saturada por medio del paquete HELP 3.07 del Lansat Unsat Suite 2.2 se pudieron establecer tasas de aportación de volúmenes de las capas suprayacentes al nivel freático que van desde los 0 a los 696 metros cúbicos por año y volúmenes acumulados en las secciones geológicas de 381.8 a 6,938.5 metros cúbicos a lo largo de los 30 años de modelación. Sentando la base para futuros monitoreos del acuífero, pudiendo ampliar el número de parámetros de calidad del agua y realizando un análisis de correlación entre los lixiviados y la química del agua, así como estudios de riesgo toxicológico por ingesta del vital líquido, además de poder replicar la metodología propuesta en sitios con la misma problemática.

2. Metodología

La metodología constó de la parte documental para la conceptualización de la problemática, el desarrollo de trabajos de campo que permitió caracterizar el área y obtener datos para posterior análisis e interpretación de los mismos, presentando los siguientes pasos:

2.1. Sondeos Eléctricos Verticales (SEV)

En este paso conocido como método geoelectrico, se implementó la modalidad SEV por medio del dispositivo Schlumberger. El aparato utilizado fue el Advanced Inc. Modelo Sting R1 IP (medidor de resistividad automático). Realizando 5 SEVs con profundidades de exploración de 160 a 250 metros de profundidad.

2.2. Toma de muestras de agua subterránea de pozos cercanos

Los datos físicoquímicos del agua subterránea se obtuvieron por muestreo directo para posterior análisis en laboratorio en los parámetros hierro, nitratos, potasio, alcalinidad, cloruros, sulfatos, fluoruros calcio, sodio, magnesio, conductividad eléctrica (CE) y potencial de hidrogeno (pH), desarrollados bajo las metodologías establecidas por American Public Health Association, American Water Works Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater [8].

2.3. Análisis y proceso de la información

La interpretación de la información permitió generar los diversos planos y diagramas de: tipo de clima, hidrología superficial, hidrología subterránea, niveles estáticos, elevación del nivel estático, plano de geología en la zona, plano de edafología del área, perfiles de los sondeos arrojados por SEV F.J. Sánchez [9], perfiles de isorresistividades y secciones geoeléctricas, curvas de resistividad aparente de las tres metodologías utilizadas y gráficos de volúmenes de percolación por capa obtenidos de la modelación. Los diagramas generados de las secciones eléctricas de los sondeos y de la isoconcentraciones de la química del agua se llevaron a cabo con el programa Surfer 9.0 y en lo que respecta a los diagramas de Piper, estos se desarrollaron una vez obtenidos los análisis químicos para conocer la clasificación de tipo de aguas, pudiendo monitorear en un futuro su evolución química.

2.4. Corrida del modelo con los parámetros hidráulicos obtenidos

Una vez que se obtuvieron los espesores, profundidades y características hidráulicas de las diversas capas del RS y de las capas debajo de la base del mismo hasta el nivel freático, se conformaron los datos de entrada al modelo para generar la corrida del modelo matemático por medio del paquete HELP 3.07 [10].

3. Resultados y Discusión

En la interpretación de los cinco sondeos realizados se utilizaron tres metodologías, la propuesta por el programa Resix Plus [11], SEV F.J. Sánchez [9] y la metodología manual de Punto Auxiliar, teniendo como resultado la elaboración de los perfiles de isorresistividad utilizando la metodología de Krigeo aplicada en las cinco secciones geoeléctricas partiendo de la proyección de los espesores y profundidades de las capas de cada sondeo, relacionándolos con valores de resistividad mostrando siete unidades que se encontraban dentro de los rangos que comprenden una unidad litológica (ver figura 1).

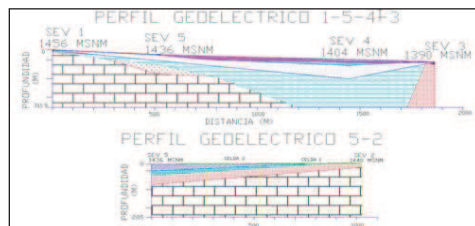


Figura 1. Perfiles geoeléctricos utilizados en las modelaciones con el programa HELP 3.07

En la interpretación de las curvas de resistividad aparente de los SEVs se adoptaron las curvas obtenidas por medio del programa SEV F.J. Sánchez, estableciendo los perfiles de modelación, ya que este programa permite un mayor ajuste de datos, siendo esto una limitante para las otras metodologías. En lo que respecta a la elaboración de las secciones, estas fueron elaboradas tomando en cuenta los rangos de valores de resistividades para las litologías propuestas por Freeze y Cherry en el año de 1979 [12]. Cabe el resaltar que la sección 5-2 presentó un mayor volumen de percolación acumulada pese a que en el primer año la aportación de lixiviados al nivel freático solo fue de 6.51 metros cúbicos (ver tabla 2).

Tabla 2. Volúmenes de percolación acumulados de lixiviados en 30 años y percolación en el primer año por perfil en sección.

Sección	Volumen de percolación acumulada 30 años (m ³)	Volumen de percolación primer año (m ³)
1-4	381.00 (Capa 8)	2.81
1-3	4,531.00 (Capa 5)	6.54
5-2	6,938.50 (Capa 7)	6.51

En la figura 3 se presentan los parámetros de calidad pozos graficados en el diagrama de Piper donde se pueden ubicar las características relativas a aniones y cationes presentes en la caracterización de la química del agua en el área de influencia del RS.

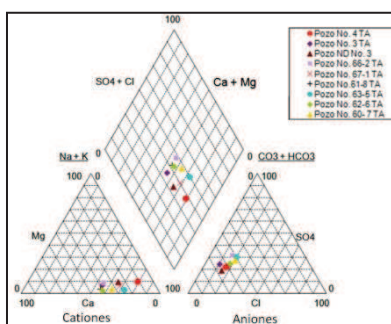


Figura 3. Diagrama de Piper para los pozos en el área de influencia del RS

Dentro de los resultados obtenidos para los planos de isoconcentración, se puede observar el comportamiento espacial de los parámetros analizados en los pozos muestreados en el área de influencia del RS, se presentan los resultados para los parámetros de Sulfato, pH, Cloruros y Potasio que mostraron mayor alteración cercanas al predio (ver figuras 4).

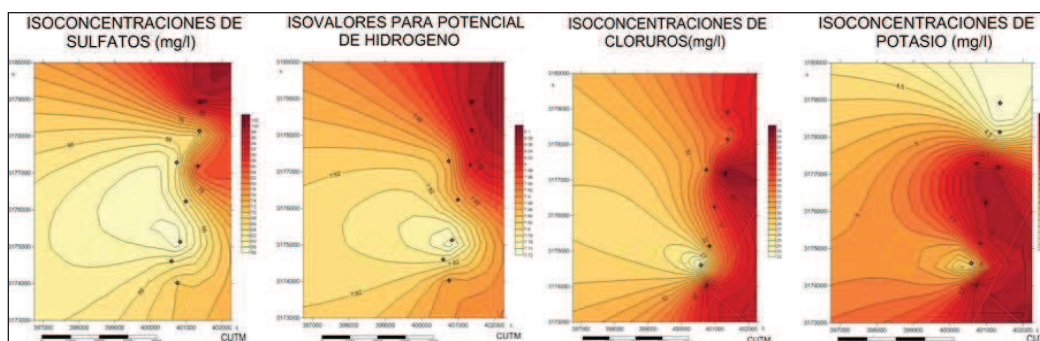


Figura 4. Planos de isoconcentraciones de Sulfato, pH, Cloruros y Potasio

El agua subterránea se clasificó en el grupo de aguas cálcicas-bicarbonatadas subtipo mixtas sin exceso de aniones y cationes, así también se puede mencionar que el área de influencia del RS muestra evidencias de aporte de lixiviados, observándose alteraciones positivas entre un 7.38 y 45.41 % respecto a las medias, en CE, magnesio, alcalinidad, potasio, sodio, calcio y fluoruros. Se tuvieron alteraciones negativas entre 2.8 a 23.26 % en cloruros, pH, potasio y sulfatos, en lo que respecta a nitrógeno y hierro estos presentaron alteraciones puntuales.

4. Conclusiones

La aportación detectada de lixiviados al acuífero del primer al decimotercer año de clausura de la celda 1, pone en evidencia el riesgo de contaminación de dieciséis pozos que suministran de agua potable a la ciudad de Chihuahua. Siendo necesario un plan de restauración para el área, donde se complemente el presente estudio para conocer el comportamiento de la pluma del contaminante, monitoreando y ampliando un mayor número de parámetros de calidad del agua, realizando un análisis de correlación entre los lixiviados y la química del agua, así como estudios de riesgo toxicológico por ingesta de parámetros fuera de normatividad. De manera paralela se deberán comenzar estudios previos para la selección de un nuevo sitio que cumpla con las características normativas.

Agradecimientos

Los esfuerzos y apoyo de colaboración de la Facultad de Ingeniería, de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua y el Departamento de Química y Bioquímica del Instituto Tecnológico de Chihuahua, así como al FOMIX-CONACYT del Gobierno del Estado de Chihuahua.

Referencias Bibliográficas

- [1] Clements A., Simmonds A., Hazelton P., Inwood C., Woolcock C., Markovina A., O'Sullivan P. "Construction of an Environmentally Sustainable Development on a Modified coastal Sand Mined and Landfill Site- Part 2 Re-Establishing the Natural Ecosystems on the Reconstructed Beach Dunes". *Sustainability*. Vol. 2. 2010. pp. 717-741.
- [2] Markiewicz M., Jungnickel C., Marckowska A., Szczepaniak U., Paszkiewicz, J. "1- Methyl-3-octylimidazolium Chloride-Sorption and Primary Biodegradation Analysis in Activated Sewage Sludge". *Molecules*. Vol. 14. 2009. pp. 4396-4405.
- [3] Galbrand I., Lemieux A., Ghaly A., Cote R., Verma M. "Water Quality Assessment of A Constructed Wetland Treating Landfill Leachate and Industrial Park Runoff". *American Journal of Environmental Sciences*. Vol. 4(2). 2008. pp. 111-120.
- [4] Mberg L., Probert J., Philips P., Fairweather. "Assessing Attitudes and Behaviour to Household Waste Management in Cameroon to Drive Strategy Development: A Q Methodological Approach". *Sustainability*. Vol. 1, 2009. pp. 556-572.
- [5] Pomposiello C., Dapena C., Boujon P., Favetto, A. "Tomografías eléctricas en el basurero municipal Ciudad de Gualeguychú, provincia de Entre Ríos: evidencias de contaminación". *Rev. Asoc. Geol. Argent*. Vol. 64(4). 2009. (2011-03-24). pp. 603-614.
http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-48222009000400005&lng=es&nrm=iso
- [6] Sanchez J., Velazquez J., Serrano M., Ramirez A., Balcazar A., Quintero R. "Criterios ambientales y geológicos básicos para la propuesta de un relleno sanitario en Zinapécuaro, Michoacán", México. *Bol. Soc. Geol. Mex*. Vol. 61(3). 2009. (2011-03-24). pp. 305-324.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-33222009000300002&lng=es&nrm=iso

[7] Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma oficial mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, 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, 10 de octubre del 2003 Diario Oficial de la Federación. México. D.F.. 2003,

[8] American Public Health Association, American Water Works Association, Standard methods for the examination of water and wastewater: Washington, D.C., American Public Health Association. 1995. 1325 Páginas.

[9] Sánchez, F.J. 2003. Aplicación para generar curvas SEV a partir del corte Geoeléctrico, Depto. de geología de la Universidad de Salamanca. España.

[10] Schroeder, P. R., Revision of HELP Model. Proceedings of the 16th Annual EPA Hazardous Waste Research Symposium. 1990. Cincinnati. Ohio.

[11] Interpex limited, Resix Plus User manual resistivity data interpretation software, Interpex Limited, Golden. 1992. CO. USA.

[12] Freeze, R.A. and J.A. Cherry. Groundwater. Prentice-Hall, Inc.. 1979. Englewood Cliffs, NJ.

Plan de regularización del sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos de la cabecera municipal de Urique en el estado de Chihuahua, México

¹Emerso Millán Espinoza, ²Mayra Iveth Murillo Flores, ³Dolores Elizabeth Turcott Cervantes

¹ Consultor Ambiental Independiente ² Consultor ambiental Independiente ³Universidad Tecnológica de León. Blvd. Universidad Tecnológica #225 Col. San Carlos, León, Gto. (477) 710 0020 ext. 610. E-mail: dturcott@utleon.edu.mx

Resumen

El presente proyecto muestra las etapas realizadas para la elaboración de un *Plan de regularización* de un Sitio de Disposición Final de residuos, perteneciente a dos comunidades de la sierra tarahumara: Urique y Guapalayna. Se incluyeron estudios de cuantificación (obteniendo una generación *per cápita* de 0.36 kg/habitante/día), un estudio de permeabilidad del suelo, un diagnóstico conforme a la NOM-083-SEMARNAT-2003, para finalmente, elaborar el Plan.

Palabras Clave: *Cuantificación de residuos, planes de regularización, residuos sólidos urbanos, sitio de disposición final.*

1. Introducción

La zona conocida como sierra *Tarahumara* en el estado de Chihuahua, comprende un sistema montañoso, contrastan en su geografía, barrancas de más de 1800 metros de profundidad (consideradas las más profundas de México) contra las altas y boscosas montañas. Esta zona comprende 23 municipios con una extensión de 75,910 km² con 317,000 habitantes, de los cuales un 38% aproximadamente es población indígena (90% son tarahumaras) [1], [2].

Todo lo anterior, nos da una idea de los problemas que implican la gestión y manejo de residuos en esta zona: hay poca densidad poblacional, geografía muy accidentada, caminos de difícil acceso, comunidades muy alejadas entre sí, diferencias culturales, poco interés de los gobiernos para atender el manejo de residuos, entre otras.

El presente proyecto se realizó en el municipio de Urique, que forma parte de la sierra tarahumara; pero que a su vez, se divide en 396 localidades. Los principales núcleos de población son Villa Urique (cabecera municipal), Cerocahui, Cuiteco, Guaqueyuo, Colonia Baguérachi, San Rafael y las localidades Estación Bahuichivo, Pueblo Cerro Gallego, El Puerto, San Ignacio y Piedras Verdes. En 2005, había en el municipio 19,566 habitantes, de las cuales 8,037 hablan alguna lengua indígena [3]. En este artículo se abordará el trabajo que se realizó para proponer el plan de regularización del Sitio de Disposición Final (SDF) que comparten la cabecera municipal de Urique y la localidad de Guapalayna.

2. Metodología

2.1. Diagnóstico de la situación actual en relación al manejo de residuos

Se aplicaron encuestas sobre el manejo de residuos, principalmente para conocer los productos de consumo, la quema de basura, entre otros. Se entrevistó a personal de ayuntamiento que haya participado durante la construcción del SDF y a los que actualmente operan el transporte y/o disposición final.

2.2. Cuantificación de los residuos sólidos urbanos

De acuerdo al número de habitantes y viviendas en las dos localidades proporcionados por la Secretaria de Desarrollo Social (SEDESOL) y con base en lo establecido por Cantanhede, *et. al.* [4] se definió:

- La población meta del muestreo: casa habitación y comercios de las dos localidades
- División de los estratos, varianza sugerida ($0.04\text{kg}^2/\text{hab}/\text{día}$ al no existir muestreos anteriores) y nivel de confianza al 95%. Determinación del tamaño de la premuestra con con base en la fórmula 1. Asignación de los tamaños de muestra proporcionales por cada estrato

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 N \sigma^2}{(N-1)E^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 \sigma^2} \quad (1)$$

- Selección de las casas a muestrear e informar a los ocupantes de las viviendas para asegurar su participación en el muestreo. Cuantificación de los residuos durante 8 días, descartando la primera muestra obtenida.
- Análisis de los datos obtenidos para: determinación de la generación per cápita y total de residuos (NMX-AA-061-1985), composición porcentual de los residuos (NMX-AA-015-1985 y NMX-AA-022-1985), determinación del peso volumétrico (NMX-AA-019-1985)
- Y por último, validación de datos de: varianza, tamaño de muestra, prueba de significación de media poblacional y comparación de medias poblacionales de los estratos con ayuda de *Statgraphics*.

2.3. Estudio de permeabilidad del suelo

Para el estudio de permeabilidad de suelo del SDF. Se midió el área superficial del SDF, luego con base en la NMX-AA-132-SCFI-2006 se calcularon los puntos de muestreo y de pozos para realizar las pruebas.

2.4. Diagnóstico de la situación actual del Sitio de Disposición Final con base en la NOM-083-SEMARNAT-2003

Se utilizó la Guía de verificación de la NOM-083-SEMARNAT-2003 que se encuentra en la Guía para la Realización de Planes de Regularización conforme a la NOM-083-SEMARNAT-2003 [5].

2.5. Elaboración del Plan de regularización

Con los datos obtenidos de la aplicación de la guía mencionada en la sección 2.4, se procedió al diseño de medidas correctivas siguiendo el formato propuesto en Plan de Regularización Tipo para la Rehabilitación de Sitios de Disposición Final Categoría D [6]. Dentro del PR se incluyeron los siguientes aspectos de la instalación: Antecedentes del sitio de disposición final actual, Descripción del servicio de limpia municipal actual, Evaluación del cumplimiento del sitio de disposición final actual, Estudios y análisis previos para la selección del sitio de disposición final, Características constructivas y operativas, Clausura final de algunas secciones del actual sitio de disposición final, Cronograma de actividades para la rehabilitación y clausura.

3. Resultados y discusión

3.1. Diagnóstico de la situación actual en relación al manejo de residuos

Se aplicaron 33 encuestas en total (23 a la Cabecera municipal y 10 a la localidad de Guapalayna). Los productos que normalmente se consumen por los habitantes son refrescos embotellados, verduras y frutas, comida chatarra, productos enlatados, detergente, leche en caja de cartón, entre otros; dando pie a la generación de residuos diversos. A pesar de que Guapalayna tiene la mitad de habitantes que la cabecera municipal, reportó mayor consumo de productos que al ser desechados generarían más residuos de degradación lenta, ya que el acceso a frutas o verduras es limitado resultado del alto costo económico de estos víveres por lo que la gente adquiere en mayor proporción comida enlatada.

El 52% de los encuestados ha quemado sus propios residuos debido a la irregularidad con la que opera el servicio de limpia. En Guapalayna, la gente reportó que el servicio de limpia llega a tardar hasta un mes en pasar por sus residuos.

En relación a la obtención de datos técnicos sobre la construcción del SDF no se pudo contactar a ninguna persona que estuviera involucrada y no existen registros escritos al respecto. El sistema de limpia de la cabecera municipal es parte del departamento de obras públicas, y cuenta con 3 trabajadores, así como una camioneta de redilas marca Ford-350 2009 para la recolección de los residuos. Se recolectan residuos de lunes a viernes de 7:00 a.m. a 3:00 p.m. La recolección abarca las vías principales del pueblo, y recorre 10 km hasta el SDF (este recorrido se realiza tres veces al día), y en Guapalayna la recolección es cada quince días y sólo abarca la calle principal.

Con estos datos se estima que aproximadamente entran 8.505 Ton al día, al mes? de RSU, por lo que se puede clasificar como categoría D según la NOM-083-SEMARNAT-2003. La localidad de Guapalayna aporta al SDF solo 2.835 Ton cada 15 días.

Una vez que el personal de limpia llega al SDF se descargan de manera manual (con ayuda de escobas y palas) los residuos; sin ningún orden establecido, para posteriormente prender fuego. Se continúa la operación entre quema y recolección hasta terminar la jornada, sin apagar las cenizas incandescentes que quedaron en el lugar.

3.2. Cuantificación de los residuos sólidos urbanos

Se muestrearon 33 casas en total. Cada localidad se consideró un estrato, ya que en relación al nivel socioeconómico existen diferencias y de acuerdo a SEDESOL, el grado de marginación de la cabecera municipal es bajo, mientras que en Guapalayna es alto. Aunque el muestreo planteado al inicio era aleatorio, se tuvo que hacer un muestreo por conveniencia, dadas las dificultades de

acceso dentro del área de estudio.

El muestreo se realizó del 24 de febrero al 3 de marzo, obteniendo un total de 435.55 Kg. Los principales componentes de los residuos fueron: *desechos* (30%), compuestos principalmente por polvo, envolturas metálicas de alimentos y algunos residuos alimenticios que no pudieron ser recuperados debido a que estaban mezclados con polvo. *Residuos alimenticios* (19%) y *vidrio* (12%). El peso volumétrico fue de Guapalayna 87.97 kg/m³ y de la cabecera municipal 121.48. La generación promedio ponderada para los dos estratos fue de 0.36 kg/hab-día. Ningún comercio aceptó participar en el estudio, por lo que no se obtuvieron las muestras correspondientes.

En relación a la validación de los datos, el tamaño de muestra calculado fue de 11. No existió diferencia significativa entre las medias mostradas de los estratos. También se realizaron supuestos del ANOVA (normalidad, varianza constante e independencia) dando como el cumplimiento de todos ellos, siendo el más importante el de independencia ya que mediante este se verifica si los datos utilizados en el estudio están realmente aleatorizados.

3.3. Estudio de permeabilidad del suelo

Se tomaron dos pozos verticales de un metro de profundidad aproximadamente. El coeficiente de conductividad hidráulica fue de $2.656 \text{ E}^{-05} \text{ cm/s}$. Este resultado muestra que el lugar cuenta con un suelo que es poco permeable pero no lo suficiente para cumplir por lo requerido por la NOM-083-SEMARNAT-2003 de 1E^{-05} .

3.4. Diagnóstico de la situación actual del Sitio de Disposición Final con base en la NOM-083 SEMARNAT-2003

El SDF se denomina "*Basurero municipal*" y está ubicado en las coordenadas geográficas 211523.00m E, 3011074.00m N dentro del ejido del Camuchin (ver figura 2). De la información realizada en la guía se puede destacar, por ejemplo, el proyecto ejecutivo del SDF no existe ni la manifestación de impacto ambiental, el sitio está ubicado en un radio menor a 13 km de un aeródromo/aeropuerto, los residuos depositados en el SDF no se cubren semanalmente, no se tiene caseta de vigilancia y control de acceso, entre otros. Esta información y toda la contenida en el diagnóstico, sirvió de base para la elaboración del Plan de regularización.

3.5. Elaboración del Plan de regularización

Se describieron las actividades que actualmente realiza el servicio de limpieza, el procedimiento para constituir la barrera de impermeabilización, así como las características operativas del sitio, la inversión estimada para llevar a cabo la rehabilitación del SDF (\$354,075.16), entre otras. Cabe destacar que en dicho plan se propusieron rubros que la legislación no considera para los Rellenos sanitarios tipo D como caminos perimetrales, drenaje pluvial, diseño del sistema de captación y extracción de lixiviados y de biogás. Se propusieron por la cercanía de un cuerpo de agua que sirve para abastecer a las comunidades circunvecinas. Aunque, por cuestión de espacio no se muestran los diseños finales propuestos para el SDF (captación de lixiviados, biogás, operación del sitio), se realizaron a detalle los cálculos de ingeniería básica y de detalle, para después realizar los planos y diseños finales.



Figura. 1. Plano de ubicación del Sitio de Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos de la cabecera municipal de Urique

4. Conclusiones

Se puede concluir de acuerdo a todo lo realizado en el presente proyecto, que el SDF de la cabecera municipal de Urique se puede rehabilitar sin necesidad de clausurarlo y tener que buscar nuevamente un sitio que se acerque al cumplimiento de todas las especificaciones de la NOM-083-SEMARNAT-2003, porque, como se mencionó al inicio de este documento, la dispersión de la población, la accidentada geografía de la zona, entre otros factores, hacen difícil proponer sitios de disposición final viables en todos los sentidos (ambientalmente, en la parte normativa, económica y social).

Los resultados obtenidos por el desarrollo del actual proyecto son repetibles bajo las condiciones en las cuales se llevó a cabo el trabajo de campo, pues factores como la falta de: acceso a diversas áreas de la zona de estudio, de personal, apoyo de los pobladores de la zona, limitaron, retrasaron y /o modificaron algunas partes de la ejecución del proyecto conforme a lo planeado previamente. A pesar de lo antes mencionado se concluye que el estudio tiene validez pues los parámetros como Generación *per Cápita*, peso volumétrico y el porcentaje de subproductos de cada uno de los estratos fue confiable en un 95 % ya que el número de muestras recabadas en campo fueron las adecuadas, aunado a la validación de datos realizada.

Sin embargo, aún faltan algunos datos y estudios que no pudieron realizarse por limitaciones de tiempo y presupuesto: documentar de manera adecuada la topografía del sitio, un estudio de riesgo aviario y complementar la cuantificación realizada con más muestras y temporadas del año.

Aún queda mucho trabajo que hacer dentro de la sierra tarahumara respecto al manejo de residuos, Urique tiene 396 localidades y cada una, con problemas similares respecto a la disposición final de sus residuos, lo que nos indica que los Planes de Regularización de SDF aún no han sido tomados como un instrumento de política ambiental importante, inclusive contraviniendo la misma NOM-083-SEMARNAT-2003 que dice: “Durante el periodo de un año a partir de la fecha de entrada en vigor de la Norma, la entidad responsable de la instalación elaborará y someterá a la aprobación de las autoridades competentes un plan de regularización de la misma, que incluya las acciones y medidas que se juzguen necesarias, con el fin de cumplir los requisitos de la presente Norma”. A pesar de la falta de información y recursos en los municipios -en especial los rurales y semirurales-, existe una amplia área de oportunidad para el desarrollo de planes de regularización.

Agradecimientos

A Ecología y Comunidad Sustentable A.C. por el apoyo brindado y financiamiento para la realización del presente proyecto, especialmente a los Ingenieros Juan Antonio Antúnez Prieto y Alberto Manuel Herrera Ortiz. A las comunidades de Urique y Guapalayna, en especial a Maurilio Viniegra Villalobos, Omar Rodríguez Cuevas y sus familias por su participación y apoyo. A los maestros Eduardo Sánchez Sanmiguel y Armando Mares Castro por la asesoría en la parte estadística y validación de datos de la cuantificación.

Referencias Bibliográficas

- [1] Coordinación Estatal de la Tarahumara. “Pueblos Indígenas de la sierra Tarahumara”. 2013 (8/julio/2013). <http://www.chihuahua.gob.mx/attach2/tarahumara/uploads/Rese%F1a%20Ind%EDgena.pdf>.
- [2] Secretaría de Economía. Dirección de Turismo del Estado de Chihuahua. 2010 (8/julio/2013). http://www.chihuahua.gob.mx/turismoweb/Contenido/plantilla3.asp?cve_canal=316
- [3] Enciclopedia de los municipios de México. Chihuahua-Urique. 2012 (17 de octubre de 2012). <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/chihuahua/Mpios/08065a.htm>
- [4] Cantanhede, A. Sandoval Alvarado, L. Monge, G. Caycho Chumpitaz, C. (2005) “Procedimientos Estadísticos para los Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos”. Hojas de divulgación técnica CEPIS-OPS. HDT-N° 97. Lima, Perú.
- [5] Hernández Barrios, C. P. Wehenpohl, G. Heredia Cantillana, P. (2005). *Guía para la Realización de planes de Regularización conforme a la NOM-083-SEMARNAT-2003*. Primera edición. 2005. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Distrito Federal.
- [6] Hernández Barrios, C. P. Heredia Cantillana, P. Rodríguez Salinas, M.A. (2006). *Plan de regularización tipo para la rehabilitación de sitios de disposición final categoría D*. Primera edición. 2006. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Distrito Federal.

Sitios Adecuados para la Implantación de un Relleno Sanitario de Residuos Sólidos Urbanos

¹Rafael Martín Murray Núñez, ²Oyolsi Nájera González, ³Susana Marcelleño Flores, ⁴María Guadalupe Orozco Benítez, ⁵Fernando Flores Vílchez.

^{1 2 3 5}Secretaría de Investigación y Posgrado, Universidad Autónoma de Nayarit, Ciudad de la Cultura Amado Nervo S/N.

⁴Unidad Académica de Veterinaria, Universidad Autónoma de Nayarit, domicilio conocido Compostela, Nayarit.

* Autor principal ramurray_13@hotmail.com

Resumen

Este estudio se realizó para la localización de sitios aptos para la implantación de rellenos sanitarios en la llanura costera norte de Nayarit. El cual se enfoca con los criterios de selección que marca la Norma NOM-083-SEMARNAT-2003 para encontrar lugares idóneos donde instalar los rellenos sanitarios (RS). En el área de estudio, no obstante que existen áreas susceptibles estas no cumplen con la permeabilidad de los suelos. El área de investigación cuenta con 450,722 ha de superficie, de las cuales abarca siete municipios. En consecuencia la falta de atención e información por parte de la autoridad municipal, ha dado lugar al desarrollo de prácticas de desecho inadecuadas, las cuales potencialmente representan problemas y riesgos ambientales en las zonas rurales de los municipios. La falta de RS en la región es un reto para su manejo por parte de los ayuntamientos; los cuales no tienen la capacidad para hacer una buena recolección, aparte presentan problemas de transporte de los residuos sólidos municipales. La superficie que cuentan estos municipios para instalar RS con geomembrana es de 53,812 ha y solamente 10.7% es apto para instalar vertederos sin geomembrana.

Palabras clave: *instalación, residuos, vertederos.*

1. Introducción

Los problemas de manejo de residuos, particularmente su disposición final, pueden ser trazados desde los tiempos en que los seres humanos comenzaron a congregarse en tribus, aldeas y comunidades y la acumulación de residuos llegó a ser una consecuencia de la vida. En tiempos remotos esto no planteaba un problema significativo ya que la población era pequeña y la cantidad de terreno disponible para la asimilación de los residuos era grande [8]. Sin embargo, en la actualidad al problema de la generación de los residuos sólidos y su correspondiente manejo y disposición final, no escapa ninguna población del mundo y este problema es más agudo en los grandes núcleos urbanos y ciudades en crecimiento, en los cuales se advierte la necesidad de minimizar el pernicioso impacto de la contaminación [19].

En México, una de las prácticas más comunes para la disposición final de los residuos sólidos en el suelo es el tiradero a cielo abierto (en ocasiones denominado erróneamente, relleno sanitario). Estos sitios se caracterizan por que los residuos se vierten directamente y de manera cotidiana al suelo sin cubrirlos con tierra en sitios ubicados, principal y característicamente, en la periferia de los centros de población, práctica inadecuada por los problemas sanitarios y ambientales que provoca, sin embargo es y seguirá siendo la forma más utilizada en el país por económica y fácil de operar [8], [16]. Estas mismas características han hecho prácticamente imposible la correcta gestión de los

residuos sólidos municipales, careciendo de información respecto al número existente, ubicación y de sus impactos o afectaciones sobre el ambiente, tales como productos contaminantes, derivados de los procesos de descomposición microbiana y liberación de componentes contaminantes de los residuos [11]. De contaminación de acuíferos y suelo por lixiviación, a impactos sobre la fauna y flora circundante y riesgos en la salud humana por la producción de gases, humos y polvos [20].

Lo cierto es que diariamente se generan miles de toneladas de residuos en las diferentes localidades y cabeceras municipales del país, (volumen que está ligado al número de habitantes y a la generación *per cápita* de residuos) y son depositadas en algún lugar de esos territorios. De acuerdo con autores como [1], [8], [12] y la Comisión Mexicana de Infraestructura Ambiental [10], esta situación es consecuencia de la escasez de recursos económicos para explorar sistemas y tecnología adecuadas de tratamiento, insuficiencia en la recolección y falta de asesoría técnica calificada, lo cual imposibilita a las autoridades a establecer estructuras administrativas eficientes para llevar a cabo un manejo adecuado de los desechos sólidos municipales, representando un reto para los ayuntamientos, los cuales deben establecer programas de recolección, transporte, tratamiento y disposición final que garanticen.

Sin embargo, el problema mayor tiene que ver con la disposición final de los RS, éste representa un eslabón clave en la gestión sustentable de los desechos que se producen en las ciudades [6]. Sin embargo, en la actualidad son un eslabón débil, que sufre de muchos problemas en su operación cotidiana, la cual se realiza [7], por lo general de manera inadecuada, improvisando y operando basureros o vertederos en sitios inadecuados, sin infraestructura para el manejo [17], situación que en el futuro representará serias dificultades para encontrar terrenos adecuados y a las grandes distancias que implicarán mayores costos para el transporte de los residuos [2].

En los municipios de la Costa Norte del Estado de Nayarit, México, la disposición final de los RS municipales se realiza en tiraderos a cielo abierto, manejando volúmenes del orden de las 24 a 28 ton/día (70 a 75 m³) de desechos, mismos que deben recibir un manejo tal, que el volumen de los mismos y las posibilidades de contaminación se reduzcan. En cualquiera de los casos, es evidente, que el volumen acumulado hace que se justifique la identificación de sitios adecuados para implementación de un relleno sanitario, conforme a la normativa vigente, a fin de proteger la salud de la población y el ambiente. El objetivo de este trabajo fue evaluar el territorio de la costa norte de Nayarit para determinar zonas aptas para la ubicación de vertederos de RS municipales, a partir de los criterios señalados en la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003 [18], la cual establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados para la disposición final de residuos sólidos.

2. Materiales y métodos

Área de estudio

La costa norte del estado de Nayarit, se ubica en la porción noroccidental del estado de Nayarit; fisiográficamente comprende la llanura costera del Pacífico, que cubre una franja de más de 100 Km. de longitud y aproximadamente 50 km de ancho, limitada al occidente por el Océano Pacífico, al Oriente con la Sierra Madre Occidental y al Sureste con el eje Neovolcánico.

Geográficamente se localiza entre las coordenadas métricas extremas X 420,000 y Y 2360,000; X 500,000 y Y 2500,000, cubriendo una superficie de 450,722.039 ha (14.95 % de la superficie total estatal) de los municipios de San Blas, Santiago Ixcuintla, Tuxpan, Ruiz, Rosamorada, Acaponeta y Tecuala, donde están asentadas aproximadamente 356 localidades, de las cuales 19 mayores a 2500 habitantes, y de acuerdo con la normatividad en la materia, están obligadas a contar con un relleno

sanitario. Sin embargo, una de las características de esta zona es la dispersión de las localidades la cual ha dificultado la dotación de servicios públicos, incluyendo los servicios de limpia, por lo que han desarrollado sus propios mecanismos para la disposición final de sus desechos sólidos: pequeños basureros a cielo abierto o la incineración (quema) de sus desechos.

En términos generales la zona en estudio se caracteriza por un relieve suave, formado por grandes llanuras de inundación, marismas, esteros y lagunas costeras; clima cálido húmedo-subhúmedo, con precipitaciones entre los 1000 y 1500 mm anuales y una temperatura media entre 22°C y 26°C. Desde el punto de vista edafológico, los suelos de esta región datan del Cuaternario y corresponden a depósitos aluviales, lacustres y palustres constituidos por arenas, gravas y arcillas y están representados por Acrisol, Cambisol, Feozem, Citosol, Fluvisol, Luvisol, Regosol, Vertisol y Solonchak, como los grupos referenciales de suelos característicos.

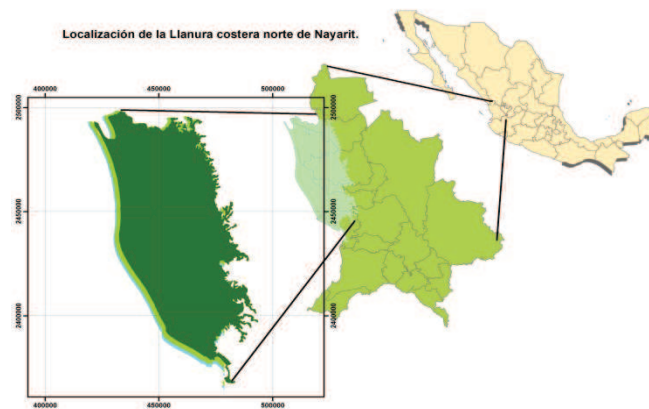


Figura 1. Macro y micro localización del área en estudio.

Para el desarrollo de este trabajo se utilizaron 12 cartas edafológicas con las cuales se cubrió el área en estudio (F-13-A-67, 68, 69, 77, 78, 79, 88, 89 y las F-13-C-18, 19, 28, a la 29) editadas en 1970 e impresas en 1974 a escala 1:50000 por el INEGI. Asimismo, se emplearon fotografías aéreas escala 1:75,000 (pares estereoscopios) y ortofotos digitales con 2 metros de resolución, materiales también generados y distribuidos por el INEGI.

En el proceso de fotointerpretación de estos materiales se empleó un estereoscopio de espejos marca Wild ST4 de 8X, un sistema de posición geográfica GPS; los materiales en formato digital se manejaron en un sistema de información geográfico (SIG).

En el desarrollo del trabajo se realizaron diferentes actividades, mismas que a continuación se describen:

- **Delimitación del área de estudio**

Se tomó como base la unidad fisiográfica propuesta en el ordenamiento territorial de Nayarit, elaborado para el gobierno del estado; la poligonal obtenida fue rectificadas y referida a la ortofoto digital (en el proyecto y sistema de coordenadas correspondiente) utilizo el programa Arc View, digitalizo directamente sobre la pantalla de la computadora.

- **Identificación y clasificación de las localidades involucradas**

Para la identificación de las poblaciones de la llanura costera norte de Nayarit se tomó como fuente la información del ordenamiento territorial de Nayarit. Esta información se clasificó siguiendo los criterios de la norma 083; de esta manera se clasifican las poblaciones mayores a 2500 y menores.

- **Localización de infraestructura**

Se consideraron en este punto las vías terrestres y aéreas del área en estudio; se digitalizó las carreteras federales y estatales de las cartas topográficas. Por su parte la identificación y captura de las aeropistas locales se realizó a partir del nivel de referencia de la zona, digitalizada directamente en la pantalla sobre las ortofotos digitales y con el apoyo de información de referencia obtenida en INEGI.

- **Cauces cuerpos de agua y superficies de inundación**

Estos rasgos se digitalizaron a partir de las cartas edafológicas y topográficas ajustándolas a las proyecciones y sistemas de coordenadas de las ortofotos digitales. En el proceso se aplicaron técnicas y claves de fotointerpretación.

Los rasgos naturales considerados en el trabajo corresponden a las características edafológicas, humedales, manglares y áreas naturales protegidas de la zona en estudio.

- **Características edafológicas (Tipo de suelos)**

Para la caracterización de los suelos se emplearon las cartas edafológicas escala 1:50000 del INEGI las cuales fueron digitalizadas bajo el sistema de proyección y coordenadas de las ortofotos digitales.

- **Humedales, manglares y áreas naturales protegidas**

La información empleada en este punto se obtuvo del estudio de ordenamiento territorial de Nayarit. Y de la información correspondiente a áreas naturales protegidas y de los trabajos “Estudios básicos para declaratoria de áreas naturales protegidas (ANP) en Singayta,- la tovara-los negros en San Blas y la propuesta de ANP en marismas nacionales (CEMIC-UAN 2000 y 2004 respectivamente).

La información recabada y generada fue proyectada en formato digital y analizada bajo ambiente SIG; aplicando técnicas basadas en álgebra de mapas, se realizó una sobrexposición de los diferentes temas a fin de obtener una caracterización o delimitación de la zona en estudio, haciendo una discriminación de rasgos a partir de los criterios señalados en la norma NOM 083.

3. Resultados

A partir de la digitalización de la carta fisiográfica [14]. se delimitó el área en estudio los municipios que la integran son Acaponeta, Tecuala, Rosamorada, Tuxpan, Santiago, Ruiz y San Blas y cubren una superficie de 450,722 ha que representan el 14.95 % de la superficie total estatal. La Llanura costera norte del estado de Nayarit está representada por 356 localidades, de acuerdo con los criterios de la NOM 083, solo son 19 las localidades con poblaciones mayores a 2500 habitantes, las cuales; están obligadas a contar con un relleno sanitario.

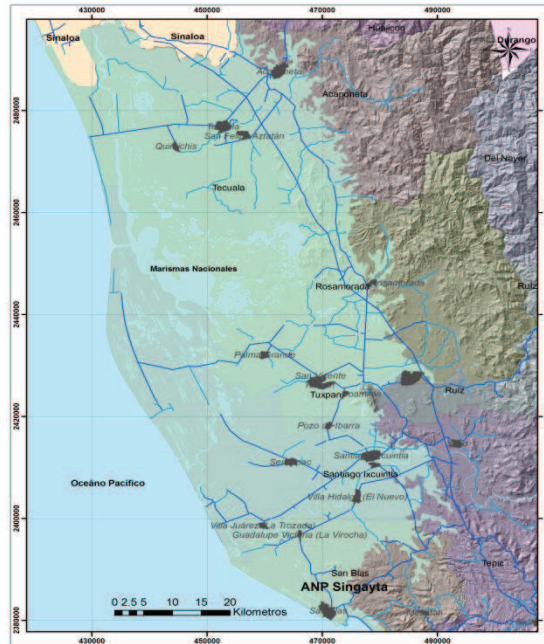


Figura 2. Poblaciones mayores de 2,500 habitantes de la llanura costera norte del estado de Nayarit.

La población total de la llanura costera es de 255,499 habitantes distribuidos en 356 centros de población en siete municipios. Que abarcan una superficie de 450,722 ha. Una de las características de esta zona es la dispersión de las localidades la cual ha dificultado la dotación de servicios públicos, incluyendo los servicios de limpia, por lo que las comunidades han desarrollado sus propios mecanismos para la disposición final de sus desechos sólidos. En los lugares donde se carece de recolección de residuos sólidos la gente genera pequeños basureros a cielo abierto, en otros lugares la gente quema todos sus desechos.

Considerando que para la costa norte de Nayarit la generación de residuos sólidos urbanos (RSU) por persona al día es de 1200 gr (estimaciones que proporciona, y la población de cada uno [13] de los municipios, la producción de RSU asciende a 306.5 ton/día. La dispersión de la población ha ocasionado la mala recolección de los residuos sólidos urbanos siendo Santiago Ixcuintla el municipio que más población presenta y por lo tanto el que más residuos genera con un porcentaje de 32% con respecto a la generación total por día.

Zonas susceptibles a inundación

Los cauces y cuerpos de agua de la llanura costera de Nayarit, cubren una superficie de 50,080 ha, siendo los ríos Acaponeta, San Pedro, Santiago; y el sistema lagunar de Tecapan-Agua Brava la de mayor importancia por la superficie que abarca.

Las áreas susceptibles de inundación están determinadas por las avenidas de retorno de los tres principales ríos: Acaponeta con una superficie de inundación 90,000 ha con un gasto mayor de 3500 m³s⁻¹; el San Pedro con un área de inundación 70,000 ha con un gasto mayor 2500 m³s⁻¹; el Santiago con una superficie susceptible de inundación de 65,000 ha con un gasto de 3500 m³s⁻¹.(CNA, Nayarit) En total estas áreas representan el 49.91% de la zona en estudio, con una superficie aproximada de 225,000 ha [17].

Rasgos naturales de la costa norte del estado de Nayarit

En la zona en estudio se cuenta con un área natural protegida decretada Marismas Nacionales; en los municipios de Santiago, Tuxpan, Rosamorada y Tecuala cubriendo una superficie de 136,500 ha; además, está concluido un estudio justificativo donde se proponen como área de protección de flora y fauna a la zona conocida como Singayta - La Tobará – Los Negros en el municipio de San Blas que cuenta con una superficie de 5837 ha.

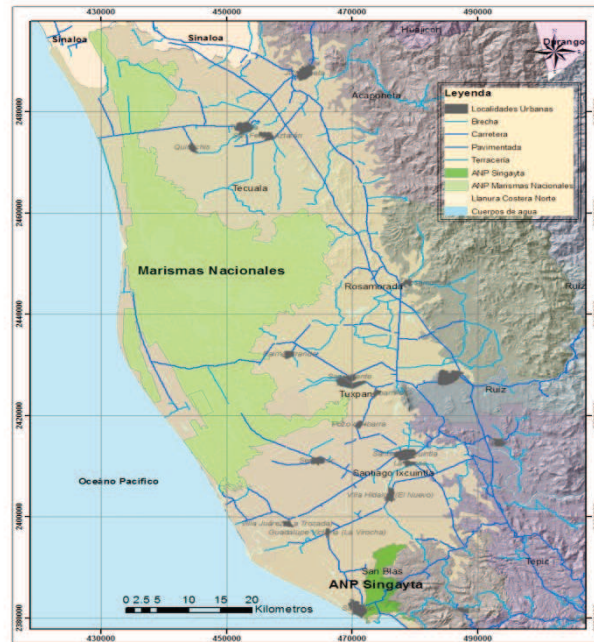


Figura 3. Áreas naturales protegidas en la Costa Norte de Nayarit

En total ambas propuestas cubren una superficie de 142,337 ha, de manglares, marismas, lagunas y esteros, que representa el 31.5 % del área en estudio.

Características edafológicas

De acuerdo con la carta edafológica escala 1:50,000, editada por el INEGI, en la zona de estudio están representados 89 condiciones de 9 clases de suelos: Acrisoles, Cambisoles, Feozem, Litosoles, Fluvisoles, Regosoles, Solochak, luvisoles y Vertisoles [17]. De estos últimos presentan las mejores características edáficas en cuanto a permeabilidad corresponde. Estas áreas cubren una superficie de 5,757 ha que representa el 10.7% en los municipios donde se encuentran son: San Blas, Ruiz, Santiago Ixcuintla y Rosamorada.

Para la identificación de zonas aptas para la instalación de rellenos sanitarios

Como resultado de la aplicación de los criterios básicos para la selección de un sitio de disposición final de residuos sólidos señalados en la NOM-083, que para poblaciones mayores de 2,500 habitantes la distancia mínima a considerar es de 1500 m y 500 m para poblaciones menores de 2,500 habitantes; la distancia para cuerpos de agua, manglares, zonas de pantanos, marismas y

zonas de inundación la distancia mínima a considerar es de 500 m; que la distancia mínima a vías de comunicación es de 200 m, se obtuvo una representación gráfica de la zona en estudio donde se segregan los elementos naturales, sociales e infraestructura en los que aplican dichos criterios.

Las áreas restantes representan los sitios adecuados para la instalación de un vertedero. En total estas áreas cubren una superficie de 53,812 ha, que representan el 11.93% con respecto al total del área en estudio. En orden de jerárquico a tendiendo a su extensión, estas 53,812 ha se distribuyen en el municipio de Rosamorada con 20,381 ha; Tecuala con 10,311 ha; Santiago Ixcuintla con 9,837 ha; San Blas con 7,719 ha; Acaponeta con 4,470ha, Ruiz con 1,029 ha y Tuxpan con 65 ha. (Fig.3)

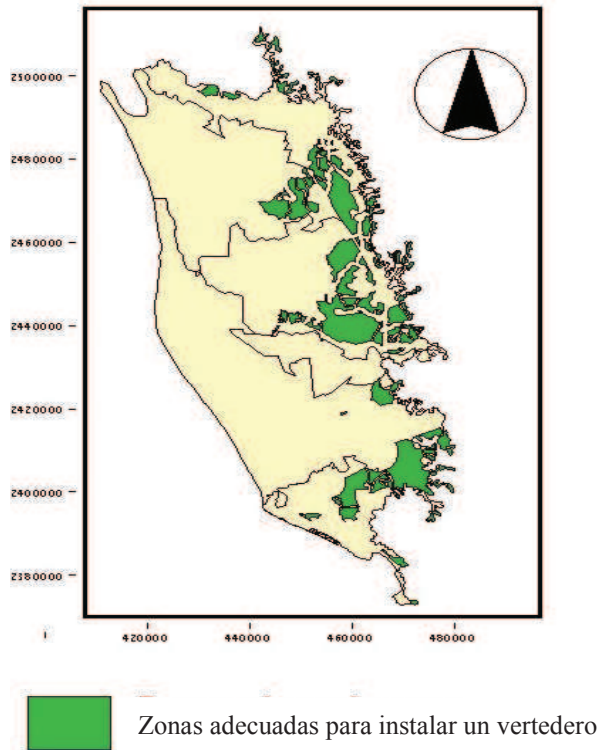


Figura 4. identificación de zonas aptas para la instalación de rellenos sanitarios

Discusión

La generación, manejo y disposición final de los residuos sólidos municipales presentan una serie de problemas en la mayoría de las ciudades de nuestro país, esta situación ha sido analizada en diversos estudios [5], [3]. Lo que concuerda con nuestro trabajo, dicha problemática se manifiesta en riesgos para la salud humana y el ambiente. El incremento acelerado de la generación de residuos sólidos y la gran diversidad de materiales que los componen demanda una mayor cobertura de los Sistemas de Manejo de Residuos Sólidos Municipales, así como nuevas alternativas de tratamiento, nuevos equipos y tecnología para la realización del relleno sanitario, dada la complejidad del problema, en nuestro país se han realizado diversos estudios de caracterización de

los residuos entre ellos están los realizados por [4], [1], [9], estos estudios respectivamente, con resultados muy similares con los encontrados para la ubicación del relleno sanitario para la costa norte de Nayarit, pues la caracterización son esenciales para conocer la composición y volumen de los residuos lo cual arroja información para la planeación y manejo para la disposición final.

4. Conclusiones

Analizando el volumen de generación de residuos entre los municipios del área en estudio, se identifica en primer lugar a Santiago Ixcuintla con 113 ton/día; y en último lugar Tuxpan con 37 ton/día. En contra parte, Santiago ocupa el tercer lugar en superficie disponible para la instalación de un vertedero con 9837 ha y el que presenta la menor superficie es Tuxpan (65 ha). Santiago Ixcuintla genera 1.5 % más residuos que Rosamorada, Acajoneta y Ruiz juntos y en proporción presenta una menor superficie para la instalación de vertederos (37% con respecto al total de los tres municipios). El área de estudio consta de 356 poblaciones, situación que ha dificultado los servicios de limpia, por lo que las comunidades han desarrollado sus propios mecanismos para la disposición final de sus desechos sólidos, como pequeños basureros a cielo abierto. Y en otros lugares la gente quema todos sus residuos sólidos urbanos. La generación de residuos ejerce presiones considerables sobre los servicios municipales de limpia y aseo urbano, así como sobre el ambiente y la salud de la población, en la medida que la disposición de estos residuos en los escasos rellenos sanitarios agota de manera acelerada la vida útil de éstos y un volumen importante de ellos están siendo dispuestos de forma inadecuada en tiraderos a cielo abierto y zonas de alta vulnerabilidad como es el caso de la llanura costera norte de Nayarit.

Referencias Bibliográficas

- [1] Buenrostro, D.O. (2001). *Los residuos sólidos municipales perspectivas desde la investigación multidisciplinaria*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México, 199 pp.
- [2] Buenrostro, O. (2001). Classification Of Sources Of Municipal Solid Wastes In Developing countries. *Resources Conservation and Recycling* 32, 29-41. Elsevier Science. Great Britain: Elsevier.
- [3] Buenrostro O. y Bocco G. (2003) Solid waste management in municipalities in Mexico: goals and perspectives, *Resources Conservation and Recycling*. 39 (3) pp. 251-263.
- [4] Bernache-Pérez G. Sánchez Colón S. Garmendía A. Davila-Villarreal A. y Sánchez-Salazar M. (2001) *Solid waste characterisation study in the Guadalajara Metropolitan zone, Mexico*. *Waste Management & Research* 19: 413-424.
- [5] Bernache G. (2003) *The environmental impact of municipal waste management: the case of Guadalajara metro area*. *Resources Conservation and Recycling*. 39 (3) 223-237
- [6] Bernache Pérez G. (2006). *Cuando la basura nos alcance. El impacto de la degradación ambiental*. Publicaciones de la Casa Chata. CIESAS. México, D.F. 551 pp.
- [7] Bernache P. G. 2012. Riesgo de contaminación por disposición final de residuos. Un estudio de la región centro occidente de México. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 28, 97-105.
- [8] Careaga. J. (2000). Residuos sólidos: Propuesta para una Política Nacional. *Gaceta Ecológica* Num 36 Septiembre de 1995.
- [9] Escarimosa Montalvo L. del Carpio Penagos G. Castañeda Nolasco G. y Quintal Franco C. (2001) Manejo de los residuos sólidos domiciliarios en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez Chiapas. Plaza y Valdez Editores México.
- [10] Fierro, A. (2010). Análisis de la generación de residuos sólidos en supermercados de la ciudad de Mexicali, México, México. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 26, 291-297.
- [11] Kiss Gabor. K. (2006). Los productos y los impactos de la descomposición de los residuos sólidos urbanos en los sitios de disposición final. *Gaceta ecológica* 79, 39-51. Instituto Nacional de Ecología, México.

- [12] Garcia Del Castillo (1996). *Urban Infrastructure: The Situation Of Status And Municipalities*. An Overview, México D.F: CIDE
- [13] INE, 1997. Instituto Nacional de Ecología. Estadísticas e Indicadores de Inversión sobre residuos sólidos municipales en los principales centros urbanos de México, Publicado por La SEMARNAP, México, D.F. 58 pp.
- [14] INEGI, 2001, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). XII Censo General de Población y Vivienda, 2000. Resultados Definitivos. Tabulados Básicos. México, 2001.
- [15] Martínez Nava A; Pablo Martínez González; Francisco Javier Rangel Martínez 2010 la gestión de residuos sólidos urbanos. Tres recursos metodológicos para su análisis revista académica de investigación no.2 junio 2010.
- [16] Rojas V.M. *et.al.* 2012. Tiraderos a cielo abierto. Revista Ciencia y Desarrollo, mayo-junio, 2012.
- [17] Murray Núñez R . Evaluación de sitios para la implantación de un relleno sanitario de residuos sólidos urbanos para la costa norte de Nayarit. tesis de maestría. UAN: México.
- [18] SEMARNAT (2004). Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003. 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. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial, Miércoles 20 de octubre de 2004.
- [19] Trejo, R (1997). Procesamiento de la Basura Urbana. Trillas México 13 pp.
- [20] World Bank, (1989). Environmental Management of Urban Soil Wastes in Developing Countries. UDTP, No. 5.

Cambios en la calidad del agua subterránea en los alrededores de un sitio no controlado de residuos sólidos

¹Guillermina Gómez Beltrán, ²Ma. Vicenta Esteller Alberich, ²Guillermo Pedro Morales Reyes

¹ Universidad Tecnológica del Valle de Toluca. Carr. del DDF km 7.5 Santa Ma. Atarasquillo, Lerma, México. Tel. (728)2859552. ggomez09@uabc.edu.mx. ²Universidad Autónoma del Estado de México.

Resumen

En el presente trabajo se analizó la influencia que tiene un tiradero de residuos sobre la contaminación de las aguas subterráneas, como consecuencia de la generación de lixiviados provenientes de la descomposición de la basura. Para ello, se efectuó la caracterización física y química del agua subterránea tomada en los alrededores del sitio donde se ubica el tiradero. Las muestras se obtuvieron de la red de monitoreo conformada por tres piezómetros, un pozo de venteo y una laguna que se formó a partir del escurrimiento de lixiviados y su posterior mezcla con el agua de lluvia. Utilizando el Software Aquachem ver 4.0, se obtuvo el diagrama de Piper representativo de las muestras de agua analizadas, que señala sintéticamente sus principales características. Se observó el predominio del ión Na^+ en todas las muestras, mientras que la concentración de cloruros, considerados como los trazadores de contaminación, aparecen en los puntos de muestreo que tienen un contacto más directo con los lixiviados, que son el PZ3 y la laguna de lixiviados, por lo cual se clasifican en grupos químicamente semejantes. Adicionalmente, se realizó un modelo de elevación digital (MED) del área ocupada por el tiradero utilizando el software Surfer ver 10, y se determinaron los niveles piezométricos en la red de monitoreo abarcando parte de la temporada de estiaje y lluvias del año 2012, utilizando sondas eléctricas de fabricación propia y Diver instalados en los distintos puntos de muestreo, con los cuales se identificó la dirección del flujo del agua subterránea.

Palabras Clave: *agua subterránea, características hidroquímicas, tiraderos.*

1. Introducción

Las ciudades son agentes contaminantes producto de las actividades humanas con impactos directos e indirectos en la cantidad y calidad del agua superficial y subterránea. Entre las fuentes contaminantes se pueden mencionar los tiraderos clandestinos a cielo abierto de residuos sólidos cuyos lixiviados comprometen la calidad del agua subterránea por la infiltración de agentes potencialmente dañinos contenidos en ellos [1].

El municipio de Mexicaltzingo se enfrenta a la problemática que presenta el contar con un tiradero a cielo abierto que no cumple con las características con las cuales debe contar un sitio de disposición final de acuerdo a la NOM-083-SEMARNAT-2003. En este tiradero, adicional a los residuos característicos de las viviendas, se depositan variedad de restos de animales que son producto de la actividad de matanza de animales por parte de los obradores, principal actividad en el municipio dedicado en gran porcentaje a la elaboración y venta de chicharrón. Estos restos de animales actualmente se encuentran dispersos sobre la basura, aumentando considerablemente la generación de lixiviados por la humedad contenida en ellos y la carga orgánica de los mismos. Cuando estos lixiviados no pueden infiltrarse, tienden a escurrir por la superficie del terreno y alcanzan los terrenos de cultivo aledaños a la zona. El objetivo del presente trabajo es evaluar

algunos parámetros de calidad del agua subterránea de una zona contigua a un tiradero de basura con la finalidad de establecer relaciones hidroquímicas entre las mismas y asimismo, establecer la dirección del flujo preferencial del agua subterránea somera en la zona donde se ubica el tiradero de residuos en estudio. El sitio de disposición final se localiza en la parte meridional del Estado de México y corresponde a la cuenca Lerma-Santiago. Comenzó a ser utilizado como tal a partir de 1985, en un terreno que era explotado para la extracción de materiales pétreos. Actualmente el vertedero está en operación a pesar de haber sido clausurado en el 2008 por la PROFEPA. Ocupa un área aproximada de 2.6 ha, y presenta una altura del domo de residuos de 8 m. El área donde se ubica es predominantemente agrícola, con una pendiente suave [2].

2. Desarrollo

Los métodos se dividieron en tres categorías: los métodos de campo donde se realizaron mediciones con el GPS así como el muestreo y algunas mediciones in situ de la calidad de agua. Los métodos de laboratorio se utilizaron para la caracterización hidroquímica de las muestras de agua y finalmente, los métodos informáticos fueron empleados para llevar a cabo la generación de mapas así como los diagramas hidroquímicos de las muestras analizadas.

2.1. Modelo de elevación digital

Para el desarrollo del modelo de elevación digital se procedió a localizar geográficamente la zona de estudio con la ayuda de una carta topográfica escala 1:50,000 correspondiente a Tenango de Arista, con clave E14A48 y se determinó la extensión y delimitación territorial ocupada por el tiradero. Tomando como base la malla de modelación de flujo que se estableció en el sitio en trabajos anteriores [1] se tomaron 145 mediciones de las coordenadas geográficas del vertedero, con un GPS modelos Mobile Mapper 6 marca Magellan profesional. Ambas mediciones se reportan en el Sistema Universal Transversal del Mercator (UTM), abarcando extensión territorial de 25,840 m². Las mediciones en campo fueron ordenadas en una hoja de cálculo de Excel y posteriormente se importaron desde el software Surfer Versión 10, aplicando el método de interpolación kriging, diseñando del modelo de elevación digital en 3D.

2.2. Dirección del flujo de agua subterránea

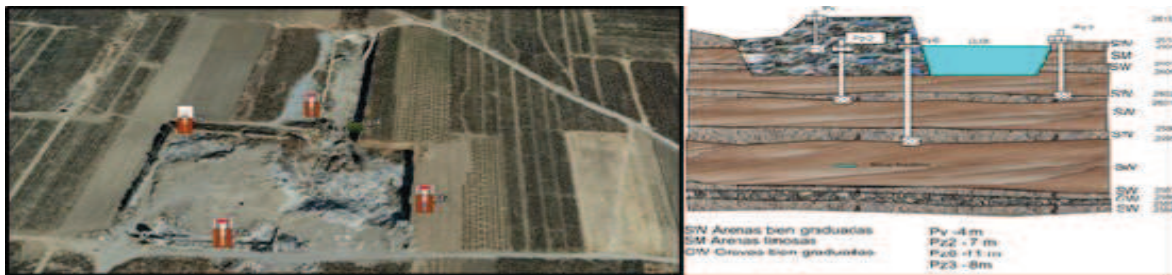
En la medición de los niveles piezométricos del agua subterránea se empleó una sonda eléctrica portátil de diseño propio, elaborada a partir de un cable duplex calibre argos cordón uso extra rudo (ST2X1.31 mm², 600 UV, 60 °C, NOM-340-ANCE).

Para la medición se contó con la ayuda de un Multímetro marca MASTER, modelo MAS830L el cual se conectó a la sonda teniendo como función recibir la variación de las señales de resistencia eléctrica cuando la sonda entraba en contacto con el agua, registrando este como el nivel piezométrico, y realizando las mediciones en 4 pozos perforados y una laguna de lixiviados ubicados en las inmediaciones de la zona de estudio. Adicionalmente a las lecturas con la sonda, se realizó una calibración de datos en el PZ3 empleando un Mini-Diver de un espesor aproximado de 22 mm el cual cuenta con un revestimiento de acero inoxidable (tipo 316L).

Las lecturas, programación y extracción de los datos tomados por el Diver a lo largo del estudio se llevaron a cabo mediante la utilización del software Diver-Office ver 2011-1. Para los datos medidos con la sonda eléctrica, estos fueron pasados a carga hidráulica en un sistema gráfico 3D en el software Surfer versión 10 empleando el método estadístico kriging y con esto determinar la dirección del flujo del agua bajo la superficie del relleno sanitario.

2.3. Caracterización hidroquímica del agua subterránea

Los análisis de laboratorio de las muestras se realizaron en base a las Normas Oficiales Mexicanas de calidad de agua, tomando muestras simples de los puntos de interés (PZ2, PZ3, PZ6, PV Y LLix) se tomaron muestras de 4 pozos perforados a diferentes profundidades así como en una laguna de lixiviados (ver Figura 1). Los análisis realizados fueron: alcalinidad (NMX-AA-036-SCFI-2001, método volumétrico), cloruros (NMX-AA-073-SCFI-2001, método volumétrico), nitratos (NMX-AA-079-SCFI-2000, por Espectrofotometría), sulfatos (NMX-AA-074-SCFI-1981 por el método gravimétrico), así como los cationes Ca, Mg, Na y K (NMX-AA-051-SCFI-2001, por absorción atómica).



PZ2: Piezómetro 2, PZ3: Piezómetro 3, PZ6: Piezómetro 6, LLix: Laguna de lixiviados, PV: Pozo de venteo

Figura 1. Vista en planta y corte transversal del tiradero de residuos.

Los resultados obtenidos fueron interpretados con la ayuda del software Aquachem ver 4.0 basados en un diagrama de Piper a partir de los cationes y aniones mayoritarios. Se realizó además un análisis de balance iónico para verificar la calidad de los datos experimentales.

3. Resultados y discusión

3.1. Modelo de elevación digital (MED)

El modelo de elevación digital de la zona se obtuvo con curvas de nivel detalladas con rangos de valores de un metro de altitud. Con ello, se determinó la tendencia de la dirección de la escorrentía del agua pluvial en dirección sureste, misma dirección que toman los lixiviados generados por la basura una vez que comienzan a escurrir por los terrenos aledaños a la zona (ver Figura 2).

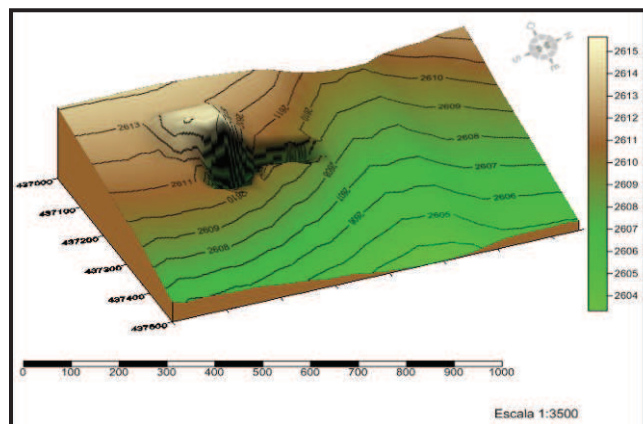


Figura 1. Modelo de elevación digital del tiradero

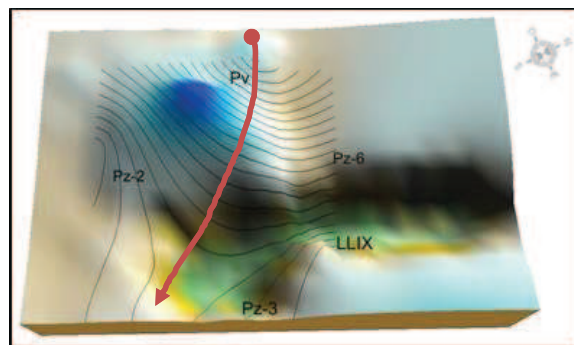
3.2. Determinación del flujo subterráneo somero

Los resultados de los niveles piezométricos se muestran en la Tabla 1, abarcando el periodo de estiaje y el inicio del periodo de lluvias del año 2012. Los resultados obtenidos con el Mini-Diver instalado en el PZ3 concordaron con los obtenidos con las mediciones manuales realizados con la sonda.

Tabla 1. Resultados de medición de niveles piezométricos(2012) utilizando una sonda

Punto de muestreo		Coordenadas de los puntos		Niveles piezométricos (msnm)			
		X	Y	Junio 18	Julio 3	Julio 19	Agosto 8
PZ2	Piezómetro 2	437132	2124855.4	2609.02	2609.99	2610.02	2610.07
PZ3	Piezómetro 3	437235	2124895	2610.78	2610.8	2610.69	2610.88
PZ6	Piezómetro 6	437155.8	2124975.4	2612.88	2614.33	2614.28	2614.22
PV	Pozo de venteo	437080.7	2124948.5	2619.11	2619.9	2619.84	2620.06
LLix	Laguna de lixiviados	437189.2	2124995.5	2609	2608.98	2608.98	2609.17

Se obtuvo el modelo de la dirección del flujo del agua subterránea somera (ver Figura 3) que muestra una tendencia hacia el sureste de la zona, en dirección de los asentamientos humanos de la cabecera municipal y hacia el pozo de extracción para usos y consumo humano que tiene a su cargo el ayuntamiento. Dicha dirección muestra que potencialmente, una vez que los contaminantes contenidos en los lixiviados se infiltran en el subsuelo y se mezclan con el agua subterránea somera [3], el punto donde se ubica el PZ3 es el más vulnerable a la contaminación que se arrastra con el agua, y de igual forma es la zona más vulnerable al escurrimiento que proveniente del punto más alto del tiradero.



*PZ2: Piezómetro 2,
PZ3: Piezómetro 3,
PZ6: Piezómetro 6,
LLix: Laguna de lixiviados,
PV: Pozo de venteo*

Figura 3. Dirección del agua subterránea en la zona de estudio

El depósito de las vísceras, en conjunto con los residuos y la no compactación de la basura del tiradero ha traído como consecuencia la generación de altos volúmenes de lixiviados provocando, debido a la pendiente del terreno, que estos escurran colina abajo. Los residuos presentan un peso volumétrico 173 kg/m^3 cuando es deseable al menos compactar a 300 kg/m^3 .

3.3. Caracterización hidroquímica

Los resultados de los iones mayoritarios determinados en las muestras de agua obtenidas de la red de monitoreo se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Concentración en mg/L de cationes y aniones mayoritarios presentes en las muestras de agua

	PZ2	PZ3	PZ6	PV	LLIX
SO ₄ ²⁻	20	3.5	3.3	9.5	4.2
Cl ⁻	70	335	11	157	168
HCO ₃ ⁻	290	1438	92	932	660
Ca ²⁺	1.6	114	39	41	153
Mg ²⁺	26	126	31	135	78
K ⁺	0.1	1.0	ND	2.0	1.1
Na ⁺	506	590	54	860	591

El diagrama de Piper (ver Figura 4) realizado en el software Aquachem ver 4.0 permitió detectar las afectaciones en la composición hidroquímica del agua subterránea y ver la tendencia de los contaminantes en agua.

En términos generales, el diagrama permite ilustrar la evolución hidroquímica de las aguas en estudio. Se aprecia una tendencia hacia la agrupación de la composición del agua, deducida a partir de aniones y cationes, de los puntos marcados como PV, Llix y PZ3, no así en los puntos marcados como PZ2 y PZ6 los cuales no se encuentran en la dirección del flujo subterráneo determinado en la zona.

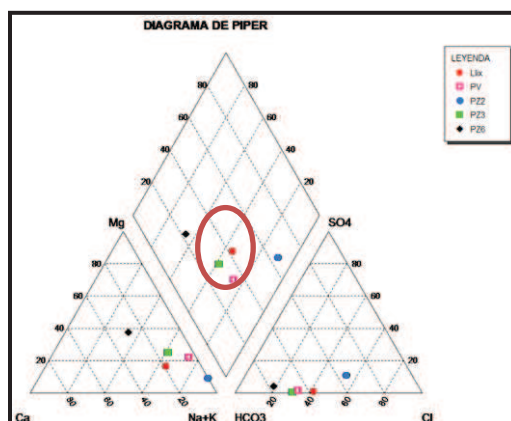


Figura 4. Diagrama de Piper

Estas variaciones reflejan la mezcla de líquidos originados en el PV y que alcanzan de manera evidente el agua contenida en la laguna y cuya composición es similar a la determinada en el agua extraída del PZ3, cuya posición geográfica queda justamente en dirección del flujo [4].

4. Conclusiones

Existen cambios significativos en la composición hidroquímica del agua subterránea en función de la dirección del flujo de agua subterránea de la zona aledaña al tiradero del residuos en estudio.

Los puntos correspondientes al pozo de venteo, laguna de lixiviados y piezómetro 3 comparten características en cuanto a su composición de iones mayoritarios.

Con los datos generados en el presente estudio, se tienen evidencias del riesgo de contaminación del agua subterránea en la zona, de la cual se abastece la población del municipio de la zona de estudio. Por lo anterior, se recomienda de manera urgente tomar acciones pertinentes para el saneamiento y clausura del tiradero, así como la construcción de una barrera impermeable con el fin de evitar que los contaminantes alcancen el flujo agua subterránea regional.

Referencias Bibliográficas

- [1] Manahan Stanley, E. *Introducción a la Química Ambiental*. 2001. Reverté. México 725 pp.
- [2] Gómez Beltrán, G. Macedo Miranda, G. “Vulnerabilidad del agua subterránea del valle de Toluca asociada a la presencia de sitios de disposición final de residuos”, *CLAVE: FECYT-2009-CO2-01 (COMECYT)*. Sexto informe técnico. 2011. Universidad Tecnológica del Valle de Toluca (UTVT), Instituto Tecnológico de Toluca (ITT). Toluca. 64 pp.
- [3] González de Vallejo, L. I. Ferrer Mercedes, O. L. Oteo, C. *Ingeniería Geológica*. 2002. PEARSON EDICIONES. Madrid. 744 pp.
- [4] Bahaa-eldin, E. A. Rahim, I. Yusoff, A. R. Samsudin, W. Z. W. Yaacob, A. G. M. Deterioration of groundwater quality in the vicinity of an active open-tipping site in West Malaysia. *Hydrogeology Journal*. Vol.18. 2010. (pp. 997–1006).

Producción de carbón vegetal (biochar) una alternativa para residuos derivados del procesamiento de biomasa

¹Bernd Weber, ¹M. Dolores Duran, ²Juan Pablo Gutiérrez, ³Sabrina Eichenauer, ³Ernst A, Stadlbauer

¹Universidad Autónoma del Estado de México, C.P 50130, Toluca, Edo. Mex., (722) 2140855 E-mail: bweber@uamex.mx, ²Cieco, Unidad de Ecotecnologías, UNAM, ³Technische Hochschule Mittelhessen

Resumen

El estudio tuvo por objeto proyectar soluciones energéticamente eficientes para el manejo de residuos derivadas de diversas industrias del procesamiento de alimentos. El estudio muestra que en varios ingenios existe un potencial de mejora en el procesamiento de la caña de azúcar, cual puede generar un excedente en energía eléctrica. Como alternativa se propone la carbonización de los residuos sobrantes con fines de obtener un producto con valor agregado. Se compara la carbonización en un proceso de pirolisis e hidrotermal con respecto a la composición elemental del producto carbonizado y su poder calorífico como base para el balance energético del proceso. Las tasas de conversión de los sustratos de orujo de malta, bagazo de la remolacha y la caña azucarera se obtuvo en pruebas a escala de laboratorio en un horno tubular para experimentos de pirolisis y una autoclave para la carbonización hidrotermal. Se realizó una caracterización tanto de los sustratos como de los productos de carbonización en cuanto al contenido de materia orgánica volátil, composición elemental así como su espectro infrarrojo transformado de Fourier.

Palabras Clave: Carbonización, Procesos hidrotermales, Orujo de malta, Bagazo

1. Introducción y Antecedentes

En las industrias que procesan biomasa para obtener alimentos refinados de manera centralizada se producen residuos orgánicos que presentan un problema de manejo. Por la composición y la generación estacional, su procesamiento mediante la digestión anaerobia es limitado. Una de las alternativas para estos subproductos es la generación de forrajes, no obstante, la mayoría no tienen aplicación ya que no cumplen con los esquemas de nutrición aunado a que se requieren, como mínimo, procesos de secado y una logística eficiente para la distribución. Sin embargo con el procesamiento de los residuos con fines de obtención de un forraje se obtendría un producto de valor agregado, para el cual la inversión en tecnología y energía para la deshidratación sería redituable. La relación entre el bioetanol y forraje es 0.72 para el productor Südzucker en Alemania [1]. De igual manera, el orujo de malta es procesado como subproducto de la producción de cerveza a partir de la cebada. Otros procesos de refinado como la extracción de azúcares a partir de la remolacha generan residuos que se pueden aprovechar. En este caso, el bagazo de la remolacha tajada es deshidratado y el producto se comercializa en esa forma o en forma de pellets lo cual permite agregar otros nutrientes al producto. Con fines de mejorar el balance energético de los procesos de secado comúnmente se utiliza también gases de rechazo [2]. No obstante, la experiencia ha mostrado que sin un tratamiento apropiado el producto se llega a contaminar con compuestos orgánicos; como el escándalo que surgió recientemente en Alemania de forrajes contaminados de dioxinas [3]. Por estas razones, en Europa se iniciaron varias investigaciones sobre la producción de

carbón vegetal (biochar) a partir de orujo de malta, bagazo de la remolacha entre otros como método alternativo para el empleo de estos residuos orgánicos [4].

2. Caso Práctico

En México se obtiene el azúcar de la caña, que luego de la molienda y extracción de su jugo genera como subproducto el bagazo de la caña. Según el balance nacional de energía casi todo el bagazo de la caña es utilizado en el mismo proceso como energético renovable con fines de satisfacer las demandas de energía térmica y eléctrica de los ingenios azucareros y minimizar el uso de combustibles fósiles [5]. En muchos casos se obtienen excedentes de vapor de proceso y en otros pocos, se obtiene un excedente de electricidad. Un parámetro fundamental para el aprovechamiento calórico del bagazo es su poder calorífico, que puede ser determinado a partir de su composición elemental y su contenido de humedad (Ver Tabla 1):

Tabla 1. Composición y poder calorífico (PCI) de bagazo de caña, bagazo de remolacha y orujo de malta utilizados en los experimentos de conversión de biomasa refiriéndose al estado seco

Sustrato	Humedad	Cenizas	C	H	N	S	PCI
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[MJ/kg]
Bagazo de la caña	50	2.5	45.5	6.6	0.12	0.12	17.0 (8)*
Bagazo de remolacha	~ 70	4.7	46.1	6.8	1.4	0.35	17.5
Orujo de malta	~ 70	4.4	45.6	8.2	2.5	0.20	18.3

* El valor en paréntesis se refiere al estado húmedo

Otros factores importantes para la utilización de los residuos en una incineración son la cantidad y composición de las cenizas y sobre todo la humedad asociada a la materia orgánica después del proceso de extracción. Por un lado, el agua en el balance energético entra a la caldera en estado líquido y sale como vapor y de esa manera se pierde la energía de evaporación del agua. Por el otro lado, este efecto reduce la temperatura máxima que pueden alcanzar los gases en la incineración. Así, en el diseño de calderas se utiliza dicho parámetro que es la temperatura adiabática (T_{ad}) de la combustión. Su determinación se obtiene con la siguiente ecuación:

$$\mu_{Escape} \cdot c_{P25^{\circ}\text{C}}^{T_{ad}} \cdot (T_{ad} - 25^{\circ}\text{C}) = PCI + \sum \mu_{entrada} \cdot c_{P25^{\circ}\text{C}}^{T_{entrada}} \cdot (T_{entrada} - 25^{\circ}\text{C}) \quad (1)$$

La temperatura adiabática de la combustión para el bagazo de la caña, con variación de la humedad del producto se muestra en la Figura 1. Se considera las condiciones de la presión de nivel del mar con una temperatura del aire de 25°C con una humedad del 70% y un exceso de 20% de aire ($\lambda=1.2$) para la combustión.

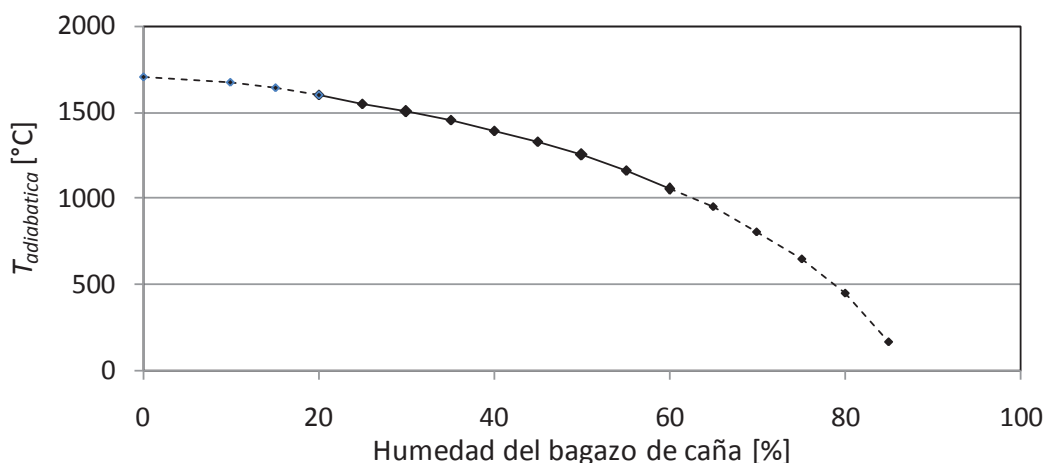


Figura. 1. Temperatura adiabática de la combustión del bagazo de la caña húmedo

Conforme se incrementa la humedad, la temperatura adiabática se reduce y cuando ésta llega a ser superior al 60% la declinación es mayor llegando a las condiciones bajo las cuales ya no es posible una incineración estable del producto sin la utilización de un combustible alterno. En la práctica, el bagazo se quema típicamente al 50% de humedad, aunque en algunos casos puede variar entre el 20% y el 60% de humedad. Por las condiciones del ambiente difícilmente se llegará a contenidos de humedad menor del 20% en un secado natural. Siendo la producción de azúcar un proceso continuo, el bagazo húmedo y libre de azúcares se transporta a las calderas directamente desde la salida de los molinos, pero, cabe mencionar, que al almacenarlo sin previo secado y por tiempos prolongados se iniciarán procesos no deseados de degradación microbiológica.

En las calderas de vapor, la flama en el hogar sobre todo por radiación transmite el calor hacia las paredes. Por la reducción de la temperatura de la flama y los escapes en la caldera se establece un gradiente de temperatura mínima entre los escapes por un lado del tubo y por el otro lado del tubo metálico el vapor sobrecalentado o el vapor húmedo. Ese gradiente de temperatura mínima llamado en inglés “Pinch Point” limita la cantidad y temperatura máxima de vapor que pueda producir la caldera y se establece aproximadamente en 20°C, lo cual afecta la humedad del bagazo de caña, la producción de vapor sobrecalentado y su temperatura máxima como se muestra la Figura 2. Esa caldera acuatubular operará con una presión de 40 bar y está equipada con economizador y pre calentador de aire. Tanto la curva de producción específica de vapor en $\text{kg}_{\text{vapor}} / \text{kg}_{\text{bagazo}}$ como la curva de la temperatura tienen la misma declinación como se ilustra en la Figura 1. Cuidar estos parámetros permitirá producir más energía eléctrica cuya ventaja es que se puede transferir a grandes distancias.

En México existen calderas implementadas hace algunas décadas en los ingenios con una presión de operación de 8 a 12 bar, apropiadas para cubrir la demanda en los procesos de fabricación del azúcar pero muy limitados en la producción de electricidad.

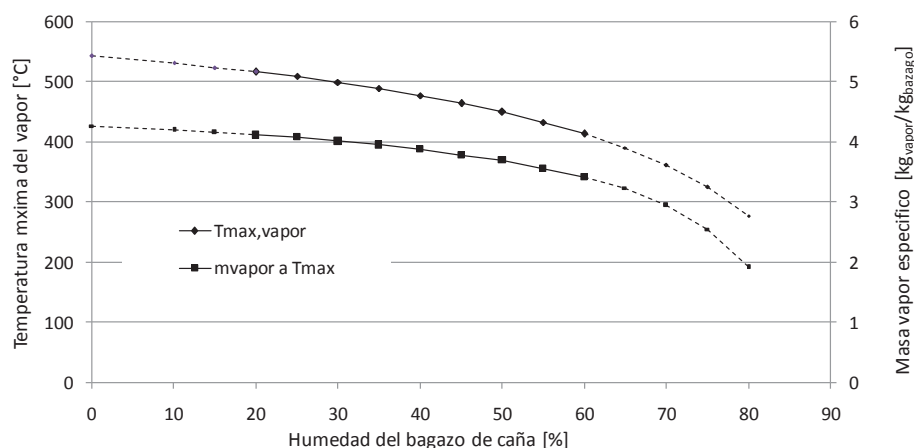


Figura. 2. Temperatura máxima y masa de vapor específico obtenible en calderas con combustible de bagazo de caña húmedo. Presión de vapor 40 bar

También existen calderas que trabajan a una presión de 40 a 60 bar las cuales se implementaron recientemente y cuyo desempeño alcanza una producción de $4.4 \text{ kg}_{\text{vapor}}/\text{kg}_{\text{bagazo}}$ brindando una ganancia de energía sobre la demanda del ingenio. Sin embargo, se debe considerar que aunque haya un potencial de mejora al utilizar vapor sobrecalentado esto va acompañado de un incremento en el costo de las calderas, los cuales se incrementan por los parámetros de presión y temperatura. Sobre todo por la producción estacional, cuyos costos de inversión superan los costos de operación de planta en valores debido al factor de planta ubicada desde el 30% hasta el 45%.

Por estas razones esta investigación pretende mostrar un uso diferente al bagazo mediante la conversión en biochar. El biochar como producto deshidratado del material lignocelulósico se produce a temperaturas desde 200°C en condiciones hidrotermales (HTC) o a temperaturas un poco superiores en contacto con gases ausentes del oxígeno [5]. La ventaja del biochar es que es muy estable para su almacenamiento y transporte, lo cual es favorecido por su mayor densidad de energía (poder calorífico). Otra aplicación es su utilización como mejorador de suelo el cual, a su vez, es una forma de secuestrar dióxido de carbono debido a la transferencia de biomasa proveniente del ciclo atmosférico del carbón hacia el ciclo geológico del carbón [6].

El estudio compara los procesos de carbonización en un proceso de pirolisis y hidrotermal con respecto a la eficiencia energética con fines de proveer una herramienta de decisión para optimizar el manejo de los residuos. Las tasas de conversión de los sustratos de orujo de malta, bagazo de la remolacha y la caña azucarera se obtuvo en pruebas a escala de laboratorio en un horno tubular para experimentos de pirolisis y una autoclave para la carbonización hidrotermal. Para caracterizar los sustratos y productos se empleó análisis de la materia orgánica volátil, termo gravimetría, análisis elemental así como su FTIR.

3. Resultados y Discusión

Al convertir la biomasa en carbón vegetal no se deshace de la problemática de la humedad del producto, la cual tiene que ser removida en un proceso de evaporación requiriendo cierta cantidad de energía. La conversión hidrotermal ventajosamente realiza la evaporación después de la carbonización y en el balance energético, la cantidad de agua que se tiene que evaporar en el secado posterior es menor. Por la liberación de gases inflamables durante la carbonización y la misma

reacción exotérmica de deshidratación existe un potencial para llevar a cabo la carbonización de manera auto sostenible respecto al consumo de energía. Con la ganancia especificada en la Tabla 2 y el poder calorífico del carbón menos el poder calorífico del sustrato se obtiene la energía disponible para el proceso el cual tiene que cubrir las pérdidas por transferencia de calor por el cuerpo, el producto caliente saliendo del reactor y agua que se tiene que evaporar.

Tabla 2. Composición de bagazo de caña, bagazo de remolacha y orujo de malta utilizados en los experimentos de conversión de biomasa (Condiciones: 3 horas de tiempo de reacción y 400°C para el proceso LTC (Low Temperature Conversion) y 200°C para el proceso HTC (High Temperature Conversion))

Carbón vegetal	Ganancia	Cenizas	C	H	N	S	PCI
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[MJ/kg]
Bagazo de la caña	LTC	30	-	-	-	-	
	HTC	-	-	-	-	-	
Bagazo de remolacha	LTC	44	76.6	4.7	2.7	0.4	27.0
	HTC	52	67.1	5.0	2.1	0.2	25.2
Orujo de malta	LTC	39	69.7	4.0	5.8	0.6	28.4
	HTC	63	59.9	6.6	4.4	0.2	24.6

Como se muestra en la Tabla 2, la carbonización es un proceso forzado por la temperatura y dependiendo de la energía de activación de los compuestos (hemicelulosa, celulosa o lignina) hay preferencia de degradación del compuesto más lábil, que en este caso es la hemicelulosa. En investigaciones más a fondo quedó demostrado que el carbón vegetal derivado de un proceso de carbonización hidrotermal posee características similares a las del carbón tipo lignito. Respecto al carbón vegetal derivado de una conversión LTC sus características fueron similares al de un carbón butuminoso [8]. La misma investigación muestra mediante análisis de resonancia magnética nuclear que casi en su totalidad el carbono se encuentra en el estado sp^2 -hibridado y estos anillos aromáticos condensados dan al carbón vegetal la estabilidad contra la degradación en el suelo. En el espectro FTIR también se muestran los cambios durante la carbonización del orujo de malta y carbón vegetal a partir de un proceso convencional de una temperatura de 800°C. Cabe resaltar que se obtuvieron absorciones fuertes cerca de la banda de 3000 cm^{-1} provocadas por los grupos $-CH_2$ y $-CH_3$ todavía presentes en los tratamientos menores a 400°C.

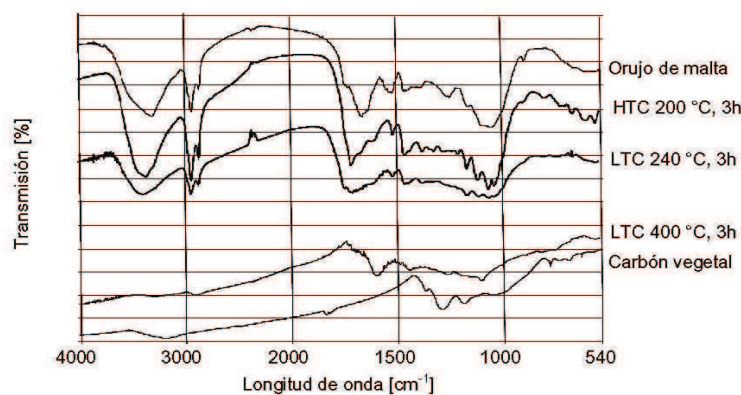


Figura. 3. FTIR del orujo de malta y carbón vegetal a partir del mismo bajo diversas condiciones de conversión [8]

4. Conclusiones

El incremento de la temperatura y presión en las calderas de vapor puede mejorar la eficiencia energética del proceso de la producción de azúcar por que el bagazo de caña, el cual es una fuente de energía poco aprovechada. La producción de carbón vegetal a partir del bagazo de caña debe considerarse como alternativa energética y como un producto con valor agregado dentro de los ingenios ya que es un material estable, contiene menos humedad y el poder calorífico inferior se incrementa por un 60%. El producto puede ser comercializado o conservado en los ingenios, lo cual permitirá una producción de energía eléctrica por un periodo de tiempo mayor. Es importante de mencionar que se requiere más investigaciones relacionadas con esa temática sobre todo en México debido al potencial energético que esto ofrece y al carácter sustentable de la misma.

Referencias Bibliográficas

- [1] CropEnergies(Acceso: 08.07.2013)<http://www.cropenergies.com/en/Downloads/Broschueren/>
- [2] Schiweck, H. Clarke, M. *Sugar*. En Ullmann's Encyclopedia of industrial Chemistry. Vol A 25. 1994 pp. 345-412
- [3] dlz agrarmagazin. (Acceso: 08.07.2013). <http://dlz.agrarheute.com/dioxin-464996>
- [4] Quicker, P. Schulten, M. Biochar: Production and technical fields of application. *Müll und Abfall* (09) 2012 pp. 464-475
- [5] Balance Nacional de Energía. (Acceso: 04.07.2013)http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/BNE_2011.pdf
- [6] Antal, M. J. Grønli, M. The Art, Science, and Technology of Charcoal Production. *Ind. Eng. Chem. Res* 42 (8). 2003. pp. 1619-1640.
- [7] Lehmann, J. A handful of Carbon. *Nature* (447), 2001. pp. 143-144.
- [8] Weber, B. Stadlbauer, E.A. Eichenauer, S. Koch, C. Albert, K. Kramer, M. Steffens, D. Chemical Nature of Carbonaceous Materials from Biomass by Hydrothermal Carbonization and Low Temperature Conversion. *J. Biobased Mater. Bioenergy* 7(3). 2013. pp. 367-375

Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aplicada a Residuos Sólidos, Asociación Civil

PRESIDENTE

Dra. Sara Ojeda Benítez

Universidad Autónoma de Baja California

VICEPRESIDENTE

Dr. Gerardo Bernache Pérez

Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social

SECRETARIO

Dra. María del Consuelo Hernández Berriel

Instituto Tecnológico de Toluca

TESORERA

Dra. Claudia Estela Saldaña Durán

Universidad Autónoma de Nayarit

VOCAL A

Dra. Liliana Márquez Benavides

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

VOCAL B

M.C. Rosa María Espinoza Valdemar

Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco

VOCAL C

Dra. Samantha Eugenia Cruz Sotelo

Universidad Autónoma de Baja California

VOCAL D

Dra. María del Consuelo Mañón Salas

Universidad Politécnica del Valle de Toluca

VOCAL E

M.C. Evelia Santillán Ferreyra

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

VOCAL F

Dr. Fabián Robles Martínez

Instituto Politécnico Nacional, UPIBI

VOCAL G

Dra. Sylvie Jeanne Turpin Marion

Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco

VOCAL H

Dra. Alethia Vázquez Morillas

Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco

CUERPO ACADÉMICO

SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA

Siendo la Universidad Autónoma de Nayarit la máxima casa de estudios del estado cuya misión es ser la institución pública y autónoma que atiende las necesidades de educación media superior y superior desde una perspectiva crítica, propositiva y plural, con compromiso social; es asesora y consultora en investigación científica y tecnológica de organismos públicos, sociales y privados; y participa en el desarrollo integral y sustentable de Nayarit a través de su vinculación y de la extensión de sus servicios, reconociéndose en la riqueza de su diversidad cultural y honrando los principios de colaboración, equidad, tolerancia, solidaridad y convivencia democrática.

De esta manera la universidad encomienda al cuerpo académico de Sustentabilidad Energética del Área de Ciencias Básicas e Ingenierías la responsabilidad de coordinar los trabajos para la realización del 6° Encuentro Nacional de Expertos en Residuos con el lema *Convirtiendo los Residuos Sólidos en Energía: hacia la Sustentabilidad*, el cuerpo académico asume con compromiso y visión la coordinación de los trabajos. El presente producto donde se compilan los trabajos de investigación presentados por los expertos en residuos sólidos. Este material servirá de guía a las instituciones involucradas en la gestión integral de los residuos sólidos urbanos.

ISBN: 978-607-96258-0-1



9 786079 625801