



5° Encuentro Nacional de
Expertos en Residuos Sólidos.
Transformando residuos, construyendo sustentabilidad.

MEMORIAS

Leticia Garibay Pardo
Erika Y. Cruz Aburto



5° Encuentro Nacional de Expertos en Residuos sólidos

“Transformando residuos, construyendo sustentabilidad”

XALAPA, VERACRUZ 2012



Universidad Veracruzana



Presentación

La tierra es una, pero el mundo no lo es.
Todos dependemos de una biosfera que sostiene nuestras vidas.
Sin embargo, cada comunidad, cada país, lucha por sobrevivir y prosperar sin
Considerar las consecuencias que pueda provocar sobre los demás.

*Nuestro futuro común,
Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y El Desarrollo.*

El tema de la basura en todo el mundo es hoy un problema que merece especial atención. La excesiva generación y mal manejo de ella en nuestro país es un asunto de urgencia. Es por ello que investigadores en el tema de residuos y abordando las diferentes temáticas de manejo, transformación, educación, aspectos legales, políticos, éticos, etc., convocaron en el 2007 al primer Simposio Nacional de Expertos en Residuos en Mexicali, Baja California. En el 2009 y denominado 2° Encuentro; tuvo como sede a Morelia, Michoacán y los dos siguientes el 3° y 4° se realizaron en el Estado de México.

El Cuerpo Académico "Investigación y Educación para el Desarrollo Sustentable" de la Facultad de Biología-Xalapa, el Área de Ciencias Biológico Agropecuarias y la Secretaría Académica de Universidad Veracruzana; en el marco de la 19° Feria de Ciencia y Tecnología; convencidos todos, de la importancia de abordar la Sustentabilidad desde diferentes escenarios y contextos, junto con la REDISA – Capítulo México, convocó al 5° Encuentro Nacional de Expertos en Residuos; para que Universidades, Institutos Tecnológicos, dependencias de distintos ordenes y ONGs, de todo el país, se sumen con sus investigaciones a contribuir en la solución del problema de la basura.

Encuentro de especialistas por demás importante para atender este problema en todo el país como una acción inmediata e impostergable. Y en esta región del Sur de México, que alberga la mayor biodiversidad, está el mayor reservorio de agua y tiene un gran componente étnico y multicultural lo convierte en un gran y potencial atractivo turístico del país, que hoy está terriblemente dañado por diferentes factores uno de ellos, el mal manejo de la basura y los tiraderos a cielo abierto. Y así al reunir especialistas de esta índole; estamos seguros que brindarán herramientas para que instituciones y gobierno diseñen acciones para frenar, disminuir y revertir este gran caos de la modernidad.

Y en este sentido la Universidad Veracruzana quien ha realizado un Plan Maestro y conformado una Coordinación de Sustentabilidad además de haber firmado la carta compromiso por la tierra y e inscrito en COMPLEXUS, se suma a la importancia de abordar el tema de los residuos desde diferentes ópticas que se presentan en este encuentro como son; Gestión y política ambiental; Sociedad y Gobierno; Recuperación de energía a partir de residuos; y tecnologías para su manejo, caracterización, tratamiento y valoración.

Temas abordados por especialistas que se han esforzado en realizar sus investigaciones y generar conocimientos para abatir el gran problema de la producción de la basura en un país de 110 millones de habitantes, que habiendo adoptado practicas consumistas en exceso hoy genera casi un kilo por persona, convirtiendo esto en una amenaza para los ecosistemas en general. Reconociendo que de y para los residuos existen varias

INDICE

1. CARACTERIZACIÓN, TRATAMIENTO Y VALORIZACIÓN DE RESIDUOS	
• La industria del reciclaje en el área metropolitana de Guadalajara.	6
• Despolimerización de lignina residual de paja de trigo por hongos.	13
• Madurez de residuos orgánicos de tipo animal, vegetal y lodo residual.	19
• Estudios de composición de residuos sólidos urbanos. Importancia y necesidad de actualización.	27
• Evaluación del consumo de agua y propuesta de tratamiento del efluente residual del lavado de biodiesel.	34
• Elaboración de un modelo a escala para elaborar composta con residuos orgánicos en uan I.E.S.	41
• Propuesta de aprovechamiento de las semillas de algodón en Baja, California	47
• Determinación de la influencia estacional en la generación de residuos mediante diseño de experimentos	53
2. GESTIÓN Y POLÍTICA AMBIENTAL	
• Percepción sobre la implementación del proyecto de separación de los residuos sólidos en el edificio "A" de Rectoría de la Universidad Veracruzana, Xalapa.	60
• Gestión para el manejo de los residuos sólidos en el municipio y primarias de Banderilla, Ver.	66
• Análisis de ciclo de vida de escenarios de manejo de residuos sólidos. Caso: Residuos comerciales de la ciudad de Mexicali.	72
• Diagnóstico de la percepción de los Secretarios Académicos para implementar el manejo de residuos sólidos en facultades de la Universidad Veracruzana	79
• Las asociaciones intermunicipales para la gestión de los residuos. El caso de Jalisco	85
• La información y la participación de los estudiantes en el manejo de residuos sólidos Universitarios (RSU) En la Facultad de Pedagogía, Región Poza Rica-Tuxpan	91
• Planes de manejo de residuos de generadores de alto volumen: El caso de la central de abasto del Distrito Federal, México.	98
• Diagnóstico básico para la gestión integral de residuos en el Estado de Veracruz, México, 2012	105
• Gestión Integral de los RSU en la Universidad Autónoma de Nayarit	113
• Una experiencia de separación de residuos en el Área de Humanidades-Pedagogía, Poza Rica. Ver	120
• Disposición de residuos sólidos, en las zonas metropolitanas del estado de Veracruz. 2000-2010	127
• Plásticos biodegradables en México: de las disposiciones legales a los efectos ambientales	133
3. RECUPERACION DE ENERGIA A PARTIR DE RESIDUOS	
• Potencial de generación de energía alterna a partir del metano generado en el relleno clausurado de Morelia, Michoacán	139
• Efecto del extracto acuoso de lombricomposta sobre el crecimiento de ettilia oleoabundanse	146
• Estimación del potencial energpetico de la biomasa residual de algodón (Gossypium hirsutum) en Baja California	152
• Producción de Biodiesel a partir de grasa láctea residual proveniente de Liconsa por irradiación de microondas	159
• Caracterización de extracto acuoso de lombricomposta derivada de un sustrato cítrico.	165
• Biomasa residual, opción energética para Baja California	170
• Los residuos orgánicos en la implementación de la economía basada en hidrógeno	177

4. SOCIEDAD Y GOBIERNO

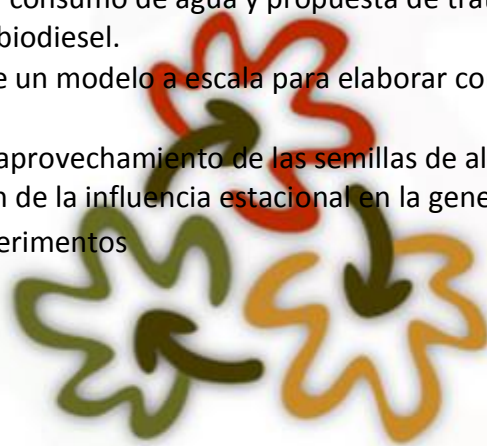
- Evaluación del comportamiento pro-ambiental del consumidor en tres etapas del proceso de compra: Un modelado difuso 187
- La participación de la sociedad en la solución del problema de la basura. 194
- La pepena una actividad de la economía informal con tradición familiar. 198
- Cadena de comercialización en la recuperación de materiales reciclables en México: un caso de estudio 204
- Manejo y reutilización de residuos sólidos en escuelas de nivel básico 210
- Educación ambiental para el desarrollo de una conducta sustentable. 216
- Valorización de envases de plástico en una institución de educación superior 223
- Validación del instrumento de medición de conductas pro-ambientales en una institución educativa. 230
- Conductas Pro-ambientales en el manejo de los residuos sólidos en una institución Educativa. 236
- Percepción ambiental del riesgo en el manejo de residuos sólidos urbanos; el caso de los actores involucrados. 241
- Población vulnerable en la ciudad de Mexicali por la incineración de llantas a cielo abierto. 247
- Educación Ambiental para el manejo de residuos sólidos en el Municipio de Alto Lucero; "Alto Lucero Recicla" 254
- Educación ambiental orientada a los residuos sólidos desde una perspectiva social en Guadalupe Victoria, Valle de Mexicali 259

5. TECNOLOGÍAS PARA EL MANEJO DE RESIDUOS

- Sostenibilidad productiva y revaloración de subproductos en la biorefinería de la caña de azúcar 266
- Estimación del potencial de reducción de emisiones de metano 273
- Lombricompostaje: Una alternativa útil en el manejo de los residuos orgánicos: El Caso de la facultad de Biología-Xalapa 280
- Comparación de cinco tipos de cultivo de *Pleurotus* spp para el escalamiento del proceso de biodegradación de pañales desechables 285
- Actividad Metanogénica de lodos Aerobios y Anaerobios empleados en codigestión de residuos sólidos orgánicos. 291
- Aplicación de Lixiviados como fertilizante para el crecimiento de la calabaza (*Cucurbita* sp L) 295
- Importancia de la construcción de rellenos sanitarios en ciudades en desarrollo 301
- Modelación de la fase termofílica en un proceso de composteo 308

MESA 1: CARACTERIZACIÓN, TRATAMIENTO Y VALORIZACIÓN DE RESIDUOS

- La industria del reciclaje en el área metropolitana de Guadalajara
- Despolimerización de lignina residual de paja de trigo por hongos
- Madurez de residuos orgánicos de tipo animal, vegetal y lodo residual
- Estudios de composición de residuos sólidos urbanos. Importancia y necesidad de actualización
- Evaluación del consumo de agua y propuesta de tratamiento del efluente residual del lavado de biodiesel.
- Elaboración de un modelo a escala para elaborar composta con residuos orgánicos en un I.E.S.
- Propuesta de aprovechamiento de las semillas de algodón en Baja, California
- Determinación de la influencia estacional en la generación de residuos mediante diseño de experimentos



5° Encuentro Nacional de Expertos en Residuos sólidos

“Transformando residuos, construyendo sustentabilidad”

XALAPA, VERACRUZ 2012



La industria del reciclaje en el Área Metropolitana de Guadalajara

Norma Griselda Aguayo Moya

Universidad de Guadalajara, Departamento de Geografía y Ordenación Territorial, Maestría en Desarrollo Local y Territorio. Av. De los Maestros y Mariano Bárcena, Col. Centro. Tel. (33) 38193381, norma.aguayo@csh.udg.mx; norma_geografia@hotmail.com

Resumen

La industria del reciclaje ha existido en el Área Metropolitana de Guadalajara desde mediados del siglo XX, se realizaba para sustituir materia prima y reducir costos en los procesos productivos de industrias locales. Actualmente se ha conformado un amplio circuito de reciclaje diversificado que ha respondido más a iniciativas locales y entornos globales; y en menor medida a programas gubernamentales. El trabajo presenta un diagnóstico del proceso de reciclaje en Guadalajara a partir de fuentes primarias y secundarias, así como en función de la diversidad de actores que participan.

La investigación se realizó en la ciudad de Guadalajara donde se han desarrollado tres tipos principales de actividades: visitas a industrias que reciclan materiales y entrevistas con los responsables; entrevistas con funcionarios públicos estatales y municipales responsables de la gestión de residuos sólidos municipales, y entrevistas con pepenadores que trabajan en el Relleno Sanitario Picachos y en la Planta de Transferencia Los Belenes (Zapopan).

Lo anterior se complementa con el análisis de las políticas públicas, la normatividad vigente y los programas oficiales para impulsar la separación de residuos y su valorización por medio del reciclaje industrial. Los procesos de reciclaje logran valorizar un porcentaje de los residuos sólidos municipales que es todavía bajo (menor al 10%), pero que se mantiene con una dinámica importante y ha desarrollado infraestructura para crecer y valorizar montos crecientes de residuos sólidos separados.

Palabras Clave: *Cadenas productivas, políticas públicas, separación de residuos, valorización.*

1. Introducción

La producción de residuos sólidos urbanos ha crecido considerablemente en las últimas décadas, lo cual ha derivado en problemas relacionados con el manejo de tales residuos, su recolección y disposición final. El Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) está conformada por cuatro municipios centrales: Guadalajara, Tlaquepaque, Tonalá y Zapopan. Para el año 2010, la metrópoli de occidente contaba con 3.8 millones de habitantes y una producción diaria de 3,902 toneladas de residuos sólidos urbanos (RSU) [1]. Además de los miles de toneladas diarias de residuos de manejo especial (RME) que producen los grandes generadores de residuos y actividades productivas que generan residuos no-peligrosos. El reciclaje es un componente central de los programas de gestión integral de los RSU y RME [2], [3], [4], [5], [6].

El auge industrial que ha tenido el AMG le ha permitido aprovechar los materiales de desecho de las empresas como insumos para ciertos procesos y así bajar costos de producción [7], [8]. De acuerdo con Bernache [1] los materiales reciclables ya cuentan con un mercado estable para su comercialización, el 56% del total de residuos entran a la categoría de reciclables con potencial.



Pese a esto la industria del reciclaje aún se considera incipiente debido a una falta de regulación, interés y presupuesto limitado por parte de las autoridades, así como una aplicación flexible de la normatividad [9], [7], [8]. La Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable (SEMADES) del estado de Jalisco es responsable de mantener un registro actualizado de las empresas recicladoras y recolectoras de RME, pero el registro actual está incompleto porque solo incluye a las empresas que de manera voluntaria se han acercado a la SEMADES [10].

Se ha observado que hay poca información sobre las empresas y personas involucradas en la cadena del reciclaje en la ciudad, esta investigación se enfoca a conocer y entender mejor a las empresas y personas que participan en las diferentes fases de la cadena del reciclaje en el AMG. Entendiendo estas fases como: separación, acopio, comercialización y transformación industrial de los residuos sólidos, en particular la fracción de los residuos inorgánicos de los RSU y RME.

2. Metodología

Se utilizó una metodología cualitativa, partiendo de una indagación para identificar empresas, industrias y personas dedicadas a alguna actividad relacionada con la cadena de reciclaje. El trabajo de campo se desarrolló durante el primer semestre de 2012. Como primer paso se elaboró un directorio de empresas y personas dedicadas al reciclaje y se ha procedido a localizarlos para solicitar una entrevista con la persona responsable y para realizar un recorrido de observación por sus instalaciones.

Para este trabajo se realizaron entrevistas semi-estructuradas con la funcionaria responsable del tema de residuos en la SEMADES [8]. Además se entrevistó a la coordinadora del Proyecto Ecovía, una ONG que tiene dos centros de acopio de materiales separados y que realiza actividades de educación ambiental para el reciclaje [9]. También se entrevistó al Jefe de la Mesa Directiva de la cooperativa de pepenadores que trabaja en la Planta de Transferencias Los Belenes y al Jefe de los pepenadores que laboran en el Relleno Sanitario Poniente “Picachos” en Zapopan [11].

Por otra parte, se trabajó con diez industrias recicladoras de la AMG [7]. Una vez obtenida la autorización de la persona responsable, se realizó una visita con el fin de hacer un recorrido de observación por la planta industrial y sostener una entrevista semi-estructurada con el responsable.

3. Resultados: la Industria del reciclaje en el AMG

En Jalisco se recicla el 8% de los residuos inorgánicos generados, un porcentaje similar se estima en el AMG, [8]. Puesto en la dimensión de una metrópoli como Guadalajara es poco comparado con lo que la SEMADES planea: reforzar la valorización de los residuos en un 75% que pueden incorporarse en cadenas productivas de reutilización y reciclado, [10]. Esto denota que son pocas las acciones que se implementan para separar, comercializar y transformar el residuo. El mayor esfuerzo debe dirigirse hacia las fuentes industriales debido a que los beneficios obtenidos del reciclaje serán mayores cuando se aprovechan los residuos limpios y disponibles en grandes cantidades [3], [6], [8].

Los antecedentes del reciclaje en Jalisco se encuentran en la actividad artesanal de los alfareros de vidrio soplado en Tonalá y Tlaquepaque que han tomado su materia prima de la fundición del vidrio recuperado desde las primeras décadas del siglo pasado. También la industria Siderúrgica Guadalajara se ha dedicado a fundir metales reciclados a partir de su inicio en 1960, la Planta Papelera de Atenquique es una industria recicladora de papel que desde 1940 se dedica a esa labor, misma antigüedad tiene la Vidriera Guadalajara realizando procesos de reciclaje de vidrio. Una de las primeras empresas recicladoras de plástico instaló su planta en 1940 para fabricar escobas, fecha en que no ha dejado de operar. El reciclaje tomó fuerza en 1950 en la AMG debido a la mayor



producción de RSU por la utilización de los empaques y embalajes. A partir de entonces el volumen de residuos incrementa hasta en un 300%, también se incrementa la proporción de materiales inorgánicos en los residuos [8].

Jalisco es uno de los estados que cuenta con reciclaje de todo tipo de materiales que incide positivamente en la reducción del consumo de miles de toneladas anuales de recursos naturales. Quizá el principal material de reciclaje es el plástico, se tiene un mercado permanente para todos los tipos, existe maquinaria y equipo para la industrialización de los materiales, se reciclan unas 200 ton al día. También se cuenta con una fuerte planta industrial que procesa material reciclado de acero y de vidrio. La SEMADES reporta que en Jalisco se generan 10,000 toneladas diarias de RME, de las cuales 8,500 son recicladas y 1,500 van al vertedero a confinamiento [8], [10], [7].

Otros ejemplos de reciclaje en Jalisco son: la planta de biodiesel que recicla el aceite vegetal, ubicada en el municipio de Lagos de Moreno; la industria textil usa material reciclado para la fabricación de estopas y colchonetas; también están dos empresas ubicadas en El Arenal y en Guadalajara que transforman el unicel en un tipo de loseta parecida al vitropiso. Si bien el tetra-pak no se industrializa localmente, si se cuenta con procesos de acopio y tratamiento de este material. Se han hecho diferentes procesos, uno de ellos es la fabricación de muebles utilizando como insumos una mezcla de tetra-pak, bagazo de mezcal y plástico, el material que generan es madera comprimida [8].

3.1. Cadena del reciclaje de residuos sólidos

Con el fin de volver a incorporar los residuos al ciclo productivo existen varios procesos previos ya establecidos que forman una cadena productiva. La primera fase es la separación, después el acopio en grandes volúmenes y posteriormente el reciclaje como tal que es la industrialización del material. El reciclaje es un proceso complicado debido a que participan varios actores: empresas recicladoras, pepenadores, comercializadores, ciudadanos y el sector gubernamental. Para la SEMADES tener empresas recicladoras y empresas desensambladoras es la base para lograr la valorización [8].

3.1.1 Fases del reciclaje

- 1) En la primera fase se contempla quienes hacen la separación de residuos y le dan un valor de mercancía [1], [7]. En seguida se describe la cadena de aprovechamiento de residuos de acuerdo a los actores que proveen de materiales de menor a mayor volumen.
 - A. Los hogares, familias o ciudadanos que reúnen residuos y los venden a los acopiadores que compran desde un kilo.
 - B. Pepena hormiga. Existen pepenadores ambulantes que pasan por las calles en triciclos grandes recogiendo materiales de las bolsas de basura de las casas o negocios, o bien camionetas comprando materiales; los venden a los pequeños comercializadores cercanos.
 - C. Las escuelas, asociaciones religiosas o civiles, grupos especiales y colonos que eventualmente realizan actividad de separación y venden a los acopiadores o a algunas empresas recicladoras.
 - D. Los trabajadores de Plantas de separación o transferencia, tal es el caso de Los Laureles, Los Belenes y grupo AIRE. Aquí realizan una segregación en lugares e instalaciones más o menos adecuadas. Venden a grandes o pequeños acopiadores, dependiendo del volumen.
 - E. Los trabajadores de Aseo Público (caso de Tlaquepaque y Zapopan) que tienen sus rutas establecidas y recogen la basura de los domicilios. Separan los residuos que están a su alcance y los venden a pequeños acopiadores que se encuentran en el camino antes de descargar los camiones en las Plantas de transferencia o Vertederos.



- F. Los recolectores privados de RME; tienen dos opciones de destino con los residuos inorgánicos, llevarlos a tirar a un Relleno sanitario o Planta de transferencia, o separarlos por tipo y venderlos a los grandes o pequeños acopiadores. Algunos recolectores son también comercializadores de material para reciclar de origen post-industrial.
 - G. Los pepenadores. Trabajan en grupo dentro de cooperativas. Entre todos los pepenadores que laboran en un vertedero o una planta de transferencia, reúnen materiales, principalmente plástico y los depositan en contenedores dentro del Vertedero.
 - H. Las industrias. En sus procesos productivos generan desechos que otras empresas utilizan como insumos; se realizan los vínculos entre las empresas, lo que se llama simbiosis industrial.
- 2) En la segunda fase del reciclaje se encuentran los Comercializadores, los cuales son intermediarios entre la actividad de separación y las plantas industriales. Estas empresas pueden ser pequeñas o grandes y se dedican a comprar el residuo y venderlo a granel o, en la mayoría de los casos, realizar varios procesos a los que se les llama tratamiento y que les permite elevar sus ganancias. A continuación se describen las actividades que se han observado y registrado durante los recorridos de observación realizadas por la autora durante el primer semestre de 2012.
- A. Compactar, prensar (plásticos, aluminio, papel y cartón) con la finalidad de reducir espacio para facilitar el transporte y almacenamiento del residuo.
 - B. Triturar o moler (plástico, papel y cartón, aluminio, vidrio), este procedimiento convierte el residuo en materia prima.
 - C. Fundir o peletizar (plástico). El plástico triturado se funde y se crean bolitas o pedazos muy pequeños, se almacenan en costales y se venden a empresas.
 - D. Destruir (plástico, papel, cartón). La destrucción de productos imperfectos y caducos.
 - E. Deshabilitar (scrap electrónico). Se refiere a desarmar un aparato y separar sus materiales componentes.
 - F. Confinamiento especial (Cartuchos de impresora, vidrios y cinescopios). Se trasladan materiales contaminantes a un sitio especial para su confinamiento.

Durante el trabajo de campo se detectó que algunas empresas comercializadoras, después de algunos años de operar, han incorporado procesos de tratamiento para dar un valor agregado a los materiales que venden y mejorar sus ingresos. También es el caso de la Cooperativa de los Pepenadores que recientemente abrió una planta para la fase de tratamiento a los residuos.

3) En la fase final se encuentran las empresas recicladoras, que utilizan el residuo como materia prima para fabricar un nuevo producto [7], [8]. Algunas realizan los procesos de tratamiento que se requieren para generar su propia materia prima y fabricar su producto. Otras compran el material ya procesado a las empresas comercializadoras.

Según la SEMADES [8] las empresas recicladoras se proveen de materiales recuperados procedentes de diferentes fuentes.

- A. La fuente principal de material secundario (residuo) proviene de la misma actividad industrial, se lleva a cabo entre grandes empresas, es reciclado post-industrial.
- B. Para las pequeñas empresas, los principales proveedores son las cooperativas de pepenadores. Los pepenadores reportan una recuperación del 10% de los RSU que les llegan a las Plantas de Transferencia o a los Rellenos Sanitarios [11].
- C. Grandes comercializadores que son centros de acopio de una gran variedad de materiales. Sus principal cliente es la industria recicladora, otra parte la exportan.

- D. Empresas Recolectoras que se contratan para recolección de residuos, una parte la separan para su venta y el resto lo llevan a la planta de transferencia o vertedero [7], [8].

3.2. El trabajo de los Pepenadores

La cantidad de recuperación de los pepenadores es muy baja si se compara con los montos de las industrias, debido a que son selectivos y dependen de los requerimientos de sus clientes [8], [11]. El caso de la Cooperativa de Pepenadores de la CTM se utilizará para conocer la situación de este grupo de técnicos de la separación que laboran en el municipio de Zapopan. La Cooperativa tiene unos 125 socios, cuenta con una Mesa Directiva y están afiliados a la CTM [11].

Este grupo trabaja en dos espacios, en el Relleno Sanitario Poniente Picachos donde tiene un grupo de 75 pepenadores desde hace 12 años. Además otro grupo de 50 personas trabaja en la Planta de Transferencia Los Belenes donde tienen 17 años de antigüedad. Ellos separan de todo, aunque el plástico PET y el vidrio son los materiales reciclables que más les solicitan (ver Tabla 1).

Tabla 1. Los Pepenadores de la Planta de transferencia de Belenes, Zapopan

Materiales que separan	Volumen aprox. Ton/Semana	Horario de trabajo	Ingresos
PET	13	De lunes a sábado de 6:30 a 19:00 hrs.	Los trabajadores ganan un promedio de \$200 a \$500 pesos diarios, en los días buenos.
Vidrio (transparente)	13		
Plástico Lechero	6		
Papel	6		
Cartón	6		
Metales, chatarra gruesa	5		

Hace un año, la Cooperativa de Pepenadores de la CTM, con el fin de incrementar sus ganancias, tomó la decisión de crear una empresa con el apoyo económico de socios que tuvieron visión del negocio a la que llamaron INOREC [11]. El objetivo de esta empresa es desarrollar procesos de tratamiento para darle un valor agregado a los materiales. A este respecto los especialistas indican que cuando se formaliza el proceso informal de los pepenadores se observan experiencias de integración con microempresarios y cooperativas que surgen de este negocio [2], [11].

Desde el 2011 la cooperativa se ha visto afectada en la reducción de residuos porque los camioneros de Aseo público se han dedicado a separar los residuos que recolectan y los venden antes de llegar depositar su carga de residuos a la planta de transferencia o vertedero. Lo anterior redujo el monto de RSU valorizables para los pepenadores [11].

4. Conclusiones

La industria del reciclaje ha crecido en las últimas dos décadas, a pesar de que el volumen de residuos sólidos separados es relativamente bajo, se estima que un 10% de los RSU son separados para aprovecharlos como materia prima en procesos de reciclaje industrial. En el AMG este porcentaje equivale a unas 400 toneladas diarias, además de los residuos separados que aportan otras ciudades en la región Occidente y que entran al mercado local de materiales.

Sin embargo, los hogares todavía no participan en actividades de separación desde la fuente, a pesar de que la Norma NAE-SEMADES-007/2008 de Jalisco establece que la separación es obligatoria para los usuarios y recolectores. Los ayuntamientos de la AMG cuentan con Programas Municipales para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos (PMPGIRS) que deberían captar un



mayor volumen de residuos separados. A final de cuentas, tan solo una cuarta parte del monto de residuos que se separan provienen de los hogares, lo demás proviene del trabajo de los pepenadores y comercializadores de materiales. La cultura de la separación es importante en el proceso de reciclaje porque cuando se ciudadaniza un programa difícilmente se puede parar. Parece que la parte medular está en el trabajo y el compromiso de los Ayuntamientos y de las empresas Concesionarias que recolectan RSU y manejan los Rellenos Sanitarios.

Las industrias recicladoras tienen grandes retos por delante y el compromiso de contribuir a la gestión sustentable de los residuos sólidos. Pero las industrias sufren por la falta de apoyos e incentivos por parte de las autoridades municipales y estatales. Además, para la comercialización de sus productos, los consumidores mexicanos todavía no tienen una preferencia por comprar productos y mercancías que se manufacturan con materiales recuperados de los RSU.

Se recomienda reforzar los programas de educación ambiental para los ciudadanos, ya que es importante para estén conscientes de los beneficios de reducir su producción de residuos, separar sus residuos para entregarlos al servicio de recolección municipal y comprar preferentemente productos reciclados.

A nivel de autoridades estatales es necesario supervisar el cumplimiento de la Norma NAE-SEMADES-007/2008 y aumentar el volumen de residuos separados en los municipios del estado. Además de que los ayuntamientos deben consolidar, en corto plazo, sus PMPGIRS para contar con un flujo importante de materiales recuperados de los RSU e impulsar el crecimiento de la industria del reciclaje a nivel local y regional.

Referencias Bibliográficas

- [1] Bernache Pérez, G. *Cuando la basura nos alcance. El impacto de la degradación ambiental*. Segunda ed., 2011. Publicaciones de la Casa Chata. México.
- [2] Cortinas De Nava, C. *Hacia un México sin Basura*. Primera ed., 2001. Grupo Parlamentario del PVE. México, p.99.
- [3] Cortinas de Nava, C. *Valorización de residuos, participación social e innovación en su gestión*. Primera ed., 2003. Grupo Parlamentario del PVE. México, p.166.
- [4] Ley de Gestión Integral de Residuos del Estado de Jalisco. Congreso del Estado de Jalisco, publicada en el Periódico Oficial del Estado de Jalisco, Sección IV, 24 de febrero de 2007, Guadalajara. Consultado en internet el 4 de abril de 2012, http://congreso.jalisco.gob.mx/BibliotecaVirtual/busquedasleyes/buscador_leyes_estatales.cfm
- [5] Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Diario Oficial de la Federación, 2003. Consultado en internet el 8 de abril de 2012, <http://dof.gob.mx/ley-reg.php>
- [6] Miller, T. Ciencia ambiental. Desarrollo sostenible, un enfoque integral. 2007, Thomson editores, pp. 287-288.
- [7] Empresas recicladoras. “Entrevistas a responsables de 10 empresas”. Reciclaje. Enero-Mayo 2012. Norma Aguayo Moya, Entrevistadora.
- [8] Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable. “Entrevista con CC”. Reciclaje de residuos. 9 de abril de 2012. Norma Aguayo Moya, Entrevistadora.
- [9] Proyecto Ecovía y Vías Verdes, A.C. “Entrevista con SCH”. Reciclaje de residuos. 12 de abril de 2012. Norma Aguayo Moya, Entrevistadora.



[10] Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable. *Escuela Modelo, Cumplimiento ambiental voluntario, directorio de recicladores y recolectores*. Consultado en internet el 4 de mayo de 2012, <http://www.jalisco.gob.mx/wps/portal/dependencias/semades>

[11] Cooperativa de Pепенadores de la CTM. “Entrevista con JE y JE”. Separación de residuos, 3 mayo de 2012. Norma Aguayo Moya, Entrevistadora.



Despolimerización de lignina residual de paja de trigo por hongos

Francisco Samuel Bonilla-Rodríguez, Mariana García-Montoya, Liliana Márquez-Benavides, Juan Manuel Sánchez-Yáñez, Otoniel Buenrostro-Delgado

Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo, San Juanito Itzicuaró S/N, Col. San Juanito Itzicuaró, Morelia
Michoacán-México. C.P. 58302, México. bonillardzfco@gmail.com

Resumen

La lignina es un polímero aromático, despolimerizado por basidiomicetos de manera eficaz pero lentamente. La hipótesis de esta investigación fue que es posible lograr la máxima despolimerización de lignina residual de paja de trigo con hongos diferentes a los basidiomicetos, en un tiempo relativamente corto. El objetivo de este trabajo fue el de aislar y seleccionar hongos con la mayor eficiencia en la despolimerización de lignina residual de paja de trigo. Para ello se inocularon hongos en cultivo líquido con lignina residual de paja de trigo como fuente de Carbono y energía. Con las variables respuesta: despolimerización de lignina residual de paja de trigo y actividad enzimática de los hongos. Los resultados indicaron que deuteromicetos del género *Aspergillus* provocaron la decoloración de medio de cultivo con lignina residual de paja de trigo y con ello su despolimerización, además sintetizaron a la enzima lacasa siendo la cepa H4I la de mayor producción con un valor de 45 U/L, detectada a los 35 días de fermentación en estado líquido.

Palabras Clave: Fenilpropano, Lignina peroxidasa, Ascomicetos, Ácido vanilínico

1. Introducción

La paja de trigo es un abundante subproducto de la agricultura con una producción mundial de 354 millones de toneladas métricas anuales [1]. Está considerada dentro de los residuos lignocelulósicos, los que se refieren a la biomasa descartada de las plantas compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina. Los residuos lignocelulósicos se agrupan en categorías que incluyen a los residuos de madera, pastos, residuos agrícolas (incluyendo paja, tallos, bagazo), residuos sólidos urbanos, entre otros [2]. Además, los residuos lignocelulósicos son producidos en grandes cantidades por la agricultura y la industria sin una disposición final adecuada, lo que causa problemas ambientales [3]. En particular, el contenido de lignina presente en la paja de trigo se encuentra en un intervalo de entre el 16 - 21% [4].

Los hongos con capacidades ligninolíticas se han estudiado desde hace décadas en pajas como las de trigo, centeno o arroz [5]. Aunque la mayor investigación ha sido con hongos de la podredumbre blanca [1], [6], existen una variedad de hongos que despolimerizan lignina. Los hongos ligninolíticos están ampliamente distribuidos en la naturaleza, e incluyen especies de ascomicetos como *Trichoderma reesei* o basidiomicetos como *Phanerochaete chrysosporium* [3]. Los hongos que despolimerizan lignina tienen un sistema de enzimas extracelulares compuesto principalmente por; Lacasas, Lignina peroxidasa (LiP) y Manganese peroxidasa (MnP), que varía entre cada especie en la síntesis de una o más de estas enzimas [2], [3], [7].

La despolimerización de la lignina libera monómeros que pueden emplearse como materia prima en aplicaciones biotecnológicas como la producción de hormonas vegetales entre las que se



encuentran las giberelinas [8], sin embargo, sigue siendo un reto científico encontrar los mecanismos más eficaces para su obtención [9]. Para tal efecto, distintos métodos químicos, físicos y biológicos han sido empleados para abrir la compleja estructura de la lignina [9]-[10]. El tratamiento biológico con hongos de la podredumbre blanca ha sido especialmente reconocido por la capacidad de los organismos para descomponer el polímero de la lignina, con el beneficio de que permite la pérdida de la estructura sin el uso o liberación de productos químicos agresivos para el ambiente [9]. Sin embargo, no se considera aun un proceso práctico debido a sus lentas tasas de crecimiento [6], [10], por lo que es necesaria la búsqueda de diferentes organismos con capacidades ligninolíticas que realicen la degradación del polímero en un lapso de tiempo menor, como lo pueden ser los ascomicetos.

2. Metodología

2.1 Cepas de ascomicetos

Se emplearon 7 hongos de la colección de ascomicetos del Laboratorio de Microbiología Ambiental del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo, que se encontraban conservados en silosil a 4 °C.

Los hongos fueron procesados individualmente en matraces Erlenmeyer de 500 ml con 50 ml de medio para reactivación (pH 5.5) e incubados a 30°C en un shaker rotatorio (Thermo Scientific MaxQ 4000) a 150 rpm por 7 días. La composición del medio de reactivación se muestra en la Tabla 1. Una vez aumentada la biomasa fúngica de cada organismo, se trasladó el micelio vegetativo a matraces Erlenmeyer de 500 ml con 50 ml de solución salina al 85% estéril y se incubaron a 30°C, 150 rpm por 7 días, con la finalidad de agotar sus reservas de Carbono y energía. Estos cultivos fueron usados como inóculo para los experimentos de fermentación en estado líquido.

Tabla 1, Composición de los medios de reactivación y experimentación para ascomicetos

Reactivo	Medio de reactivación		Medio de experimentación	
	g/L H ₂ O destilada	Marca	g/L H ₂ O destilada	Marca
Lignina residual de paja de trigo	0.5	-	1	-
Peptona de caseína	4	BD Bioxon	5	BD Bioxon
MgSO ₄	1.5	JT Baker	-	-
K ₂ HPO ₄	1.5	Meyer	-	-
KH ₂ PO ₄	1.5	Meyer	-	-
NaCl	0.9	Analytica	-	-
Extracto de levadura	1.3	BD Bioxon	1	BD Bioxon
CuSO ₄	-	-	0.05	Reactivos PQF
Solución detergente al 10% (P/V)	1 ml/L	-	1 ml/L	-
Solución de oligoelementos [11]	1 ml/L	-	1 ml/L	-



2.2 Preparación de sustrato y medio de cultivo

Se utilizó como sustrato lignina residual de paja de trigo (*Triticum aestivum*) desacarificada proporcionada por el CINVESTAV unidad Guadalajara. La lignina residual de paja de trigo se secó y se molió (<1 cm). Un g de este material fue añadido a matraces Erlenmeyer de 500 ml que contenían 100 ml de medio líquido para experimentación (Tabla 1). El medio fue esterilizado por 15 minutos a 121 °C con un pH ajustado al 5.5. El medio de cada matraz fue inoculado con micelio de las cepas de ascomicetos (5mm de diámetro), los matraces se taparon con algodón estéril y se incubaron a 30°C y 150 rpm por 35 días. Se utilizaron dos replicas por cada tratamiento y todos ellos fueron muestreados el día de la inoculación, y a los 7, 14, 21, 28 y 35 días después del primer muestreo. Los muestreos se realizaron asépticamente al depositar 10ml de cada medio de experimentación en tubos de ensaye estériles. Todas las muestras tomadas fueron centrifugadas a 8000 rpm, 4°C por 15 min y el líquido sobrenadante se utilizó para análisis enzimáticos. Se utilizaron como controles medios sin inocular, que fueron tratados bajo las mismas condiciones.

2.3 Despolimerización de lignina residual de paja de trigo por ascomicetos

En la determinación de la despolimerización de lignina residual de paja de trigo se utilizó un método cualitativo: Se evaluó semanalmente el cambio de la pérdida del color café del medio de cultivo con lignina contenido en los matraces hasta 35 días.

2.4 Determinación de la actividad enzimática

Las actividades enzimáticas fueron determinadas por espectrofotometría en extractos solubles en agua de la lignina de paja de trigo a 25 °C, y se utilizó un espectrofotómetro UV (Hach DR 2500). La actividad lacasa fue medida después de la oxidación de ácido 2,2'-acino-bis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico) (ABTS). La mezcla de la reacción consistió de 800 µl de buffer acetato de sodio (25 mM, pH 3.0), 100 µl de ABTS (10 mM) y 100 µl de la muestra centrifugada, la determinación se realizó a 420 nm ($\epsilon_{420}=36000 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) [12].

Se utilizaron unidades enzimáticas internacionales (U) que representan 1µmol de producto oxidado por minuto. Para determinar las unidades lacasa se utilizó la siguiente ecuación:

$$UL-1 = \frac{A \times (1 \times 10^6) \times V_t \times C}{t \times \epsilon \times V_m} \quad (1)$$

Donde:

C= Tamaño de la celda (1 cm)

ϵ = Coeficiente de extinción molar de ABTS

V_m= Volumen de la muestra (mL)

V_t= Volumen total de la reacción (mL)

t= tiempo de reacción (min)

A= $\Delta\text{Abs } 420 \text{ nm} = \text{Abs final} - \text{Abs inicial}$

2.5 Identificación de ascomicetos

Los hongos fueron sembrados en placas con Agar dextrosa y papa e incubados 7 días en oscuridad a 25°C. Se observaron características macroscópicas de la morfología colonial al observar su color, textura y aspecto. También se realizó una suspensión del micelio en una gota de NaOH al 40% y se observó en el microscopio a 40X.



3. Resultados y discusión

3.1 Despolimerización de lignina residual de paja de trigo por ascomicetos

La determinación cualitativa de la despolimerización de lignina residual de paja de trigo por 4 de los hongos estudiados se muestra en la figura 1. El color de la LG se debe a grupos cromóforos unidos a la estructura, su oxidación causó la ruptura de enlaces de los anillos aromáticos, con eliminación de los grupos cromóforos y con ello la evidente desaparición del color [5]. La cepa H11 mostró la mayor pérdida de color en el medio comparada con la muestra tomada del medio utilizado como control, seguida por las cepas H21, H31 y H41.

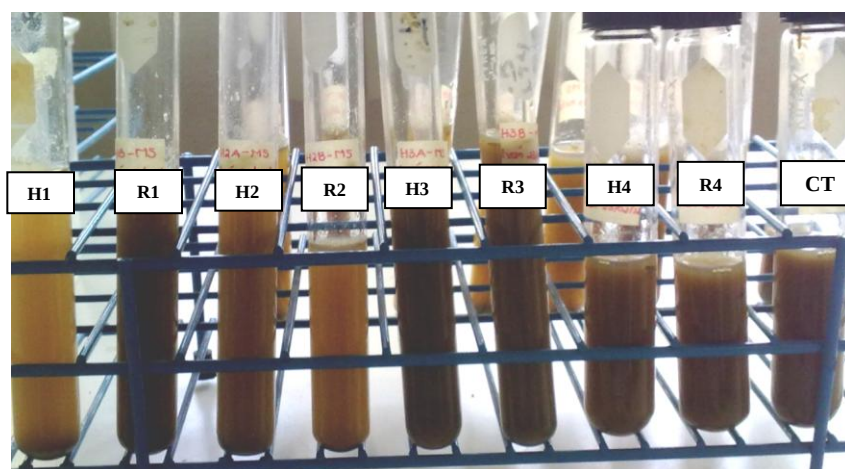


Figura 1. Prueba cualitativa de despolimerización de lignina residual de paja de trigo, de las cepas H11, H21, H31, H41 con sus replicas y control.

3.2 Determinación de la actividad enzimática

La actividad de la enzima lacasa de 7 ascomicetos empleados en el estudio se muestra en la figura 2. La cepa identificada como H4M presentó la mayor actividad de la enzima con 45 U/L, seguida por la cepa H11 con 40 U/L, luego los hongos H3M y H2I con 28 U/L, y finalmente las cepas H1M, H2M y H3I con una actividad que fluctuó entre 15-20 U/L.

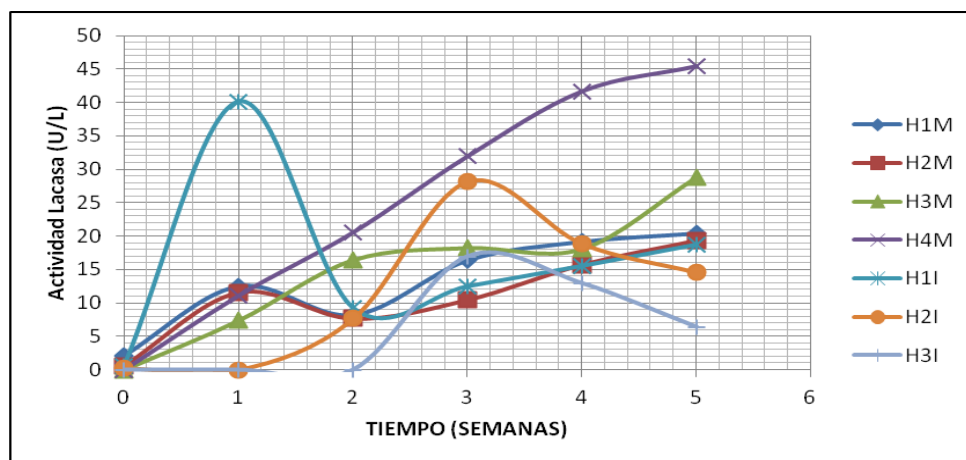


Figura 2. Actividad de la lacasa por siete cepas de hongos degradadores de lignina



En estudios anteriores, se observó que el ascomiceto *Paecilomyces inflatus* mostró una máxima síntesis de lacasa de 20 000 U/L en medio de cultivo con paja de trigo a la semana 4 de incubación [14]. La mayoría de los hongos mostraron actividad lacasa durante los primeros días, análogo a investigadores que demostraron que *Cladosporium cladosporioides* tuvo la mayor actividad de 4000 U/L en la primera semana [15].

El tiempo de inducción de la enzima fue en una semana para las cepas H1I, H1M, H2M, H3M y H3I, y a partir de la segunda y tercera semana respectivamente para las cepas H2I y H3I.

3.3 Identificación de ascomicetos

En base a las características macroscópicas y microscópicas se determinó que cuatro de las cepas empleadas en el estudio pertenecen al género *Aspergillus*, de acuerdo a la detección de conidióforos característicos del género. La figura 3 muestra los conidióforos de ascomicetos observados al microscopio.

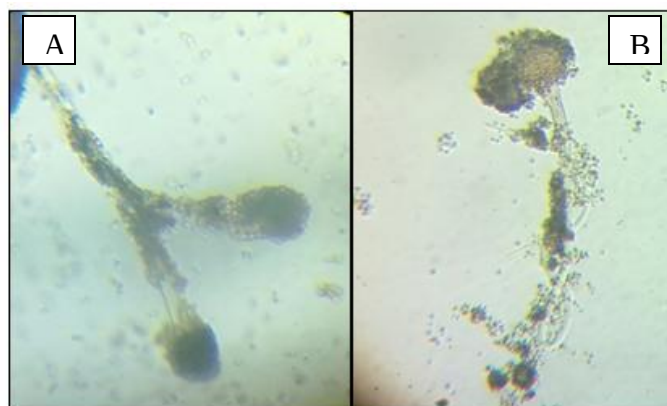


Figura 3. Conidióforos de ascomicetos cepas: A) 2A y B) 2Bk

4. Conclusiones

En base a los resultados parciales obtenidos, los ascomicetos utilizados en la investigación poseen capacidad ligninolítica, la cual se debe a que sintetizan al menos una las enzimas involucradas en el proceso que es la lacasa. La inducción de la lacasa se dio a partir de la primera semana en la mayoría de las cepas empleadas lo que permite que la despolimerización de la lignina residual de paja de trigo pueda darse en un tiempo más corto que con el uso de basidiomicetos. Además se sabe que cuatro de los deuteromicetes estudiados pertenecen al género *Aspergillus*. Investigación en desarrollo deberá enfocarse a la cuantificación de la despolimerización por las cepas de hongos de la investigación, así como a la identificación hasta la especie de los hongos con mayor eficacia ligninolítica y la detección de los productos de la molécula de lignina.

5. Referencias Bibliográficas

[1] Tuyen, V., Cone, J. W., Baars, J. J., Sonnenberg, A. S., Hendriks, W. H. "Fungal strain and incubation period affect chemical composition and nutrient availability of wheat straw for rumen fermentation". Bioresource Technology. Vol. 111. 2012. pp. 336-342.



- [2] Yildirim, N., Yildiz, A. "The Effectiveness of *Pleurotus eryngii* Strains in Biodelignification of Cotton Stalk, Causing Environmental Hazard and Disposable Problem". *International Journal of Agriculture & Biology*. Vol. 13. 2011. pp. 257-260.
- [3] Dashtban, M., Schraft, H., Syed, T. A., Qin, W. "Fungal biodegradation and enzymatic modification of lignin". *International Journal of Biochemistry and Molecular Biology* Vol. 1(1). 2010. pp. 36-50.
- [4] Sánchez, C. "Lignocellulosic residues: Biodegradation and bioconversion by fungi". *Biotechnology advances*. Vol. 27. 2009. pp 185-194.
- [5] Laura, J. & Castellanos, P. "Hongos filamentosos con actividades ligninolíticas aislados de *Calamagrostis nitidula* Pilg". *Revista Peruana de Biología*. Vol. 16(1). 2009. pp. 125- 128.
- [6] Yang, Y. S., Zhou, J.T., Lu, H., Yuan, Y. L., Zhao, L. H. "Isolation and characterization of a fungus *Aspergillus* sp. strain F-3 capable of degrading alkali lignin". *Biodegradation*. Vol. 22. 2011. pp. 1017-1027.
- [7] Dias, A., Freitas, G., Marques, G., Sampaio, A., Fraga, I. Rodrigues, M., Evtuguin, D., Bezerra, R. "Enzymatic saccharification of biologically pre-treated wheat straw with white-rot fungi". *Bioresource Technology*. Vol. (101). 2010. pp. 6045-6050.
- [8] Mrkovacki, N., Milic, V. "Use of *Azotobacter chroococcum* as potentially useful in agricultural application". *Annals of Microbiology*. Vol.51. 2001. pp. 145-158.
- [9] Singh, D., Zeng, J., Laskar, D. D., Deobald, L., Hiscox, W. C., Chen, S. "Investigation of wheat straw biodegradation by *Phanerochaete chrysosporium*". *Biomass and Bioenergy*. Vol. 35. 2011. pp. 1030-1040.
- [10] Zeng, J., Singh, D., Chen, S. "Biological pretreatment of wheat straw by *Phanerochaete chrysosporium* supplemented with inorganic salts". *Bioresource Technology* Vol. 102. 2011. pp. 3206-3214.
- [11] Sánchez-Yáñez, J. M. Breve Tratado de Microbiología Agrícola; Teoría y Práctica. Coedición COSUSTENTA, CIDEM, UMSNH. 2007. Morelia, Michoacán México.
- [12] Ibrahim, V., Mendoza, L., Mamo, G. "Blue laccase from *Galerina* sp.. Properties and potencial for Kraft lignin demethylation". *Process Biochemistry*. Vol. 46. 2011. pp. 379-384.
- [13] Hatakka, A. Biodegradation of Lignin. 5. 2005. pp. 130-167. Disponible en: http://www.wiley-vch.de/books/biopoly/pdf/v01_kap05.pdf.
- [14] Kluczeck- Turpeinen, B., Toumela, M., Hatakka, A. & Hofrichter, M. "Lignin degradation in a compost environment by the deuteromycete *Paecilomyces inflatus*". *Applied Microbiology Biotechnology*. Vol. 61. 2003. pp. 374- 379.
- [15] Halaburgi, V., Sharma, S., Sinha, M., Singh, T. & Karegourdar, T. (2011). "Purification and characterization of a thermostable laccase from the ascomycetes *Cladosporium cladosporioides* and its applications". *Process Biochemistry*. Vol. 46. 2011. pp. 1146-1152.
- [16] Gao, H., Wang, Y., Zhang, W., Wang, W. & Mu, Z. "Isolation, identification and application in lignin degradation of an ascomycete GHJ-4". *African Journal of Biotechnology*. 10(20). 2011. Pp. 4166- 4174.



Madurez de residuos orgánicos de tipo animal, vegetal y lodo residual

Pedro Del Águila Juárez, Jorge Lugo de la Fuente, Roció Vaca Paulin

Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto Literario No. 100, CP. 50000, tel. 722 296 55 54 ext.132.
delaguila.1959@gmail.com

Resumen

Durante el proceso de vermicompostaje los microorganismos y la lombriz de tierra estabilizan la (MO) materia orgánica y se obtiene un producto maduro. Esta madurez encamina a la MO a procesos de mineralización del carbono (C) y nitrógeno (N). El propósito de este estudio fue conocer cuál mezcla de lodo residual ya sea con residuo tipo animal o vegetal es la más adecuada como mejorador de suelo, considerando la mineralización del C e índice de mineralización del N. El diseño contó con ocho tratamientos por triplicado, cuatro de origen vegetal TRV, TLR10RV, TLR20RV, TLR40RV, (el número indica las dosis de LR en $t\ ha^{-1}$) y cuatro de origen animal TRA, TLR10RA, TLR20RA y TLR40RA, para esto, se utilizaron recipientes con abono orgánico de tipo animal (RA) y vegetal (RV), suelo y lodo residual (LR), a cada uno de los cuales se les adicionó 12 lombrices (*Eisenia foetida*). El periodo de vermicomposteo se siguió durante 90 días. Se hicieron mediciones de C y N microbiano y formas nitrogenadas inorgánicas (NH_4^+ y NO_3^-). En los tratamientos de residuo animal y vegetal, el C se comportó a una cinética de primer orden, donde el proceso de mineralización del N dio lugar a la formación de amonio y nitrato, por lo que hubo un mayor contenido de estos compuestos conforme mayor fue el contenido de LR. El índice de mineralización NH_4^+ / NO_3^- menor a la unidad indicó la madurez de la vermicomposta y esta le correspondió al tratamiento de tipo animal TLR40RA por lo que se sugiere usarlo como mejorador de suelo.

Palabras Clave: Amonificación, estabilidad, fracción orgánica, nitrificación,

1. Introducción

La generación de grandes volúmenes de residuos sólidos se considera una problemática de actualidad mundial, que se relaciona con el incremento de la población, el desarrollo industrial y la rápida urbanización [4]. El problema de los residuos orgánicos en el ambiente, se puede resolver si la MO se expone a procesos aerobios que favorezcan la estabilización de esta [6]. Los procesos de composteo y vermicomposteo ayudan a la MO a estabilizarla y que se pueda usar con un fin agrícola, la cual debe de cumplir con dos criterios principalmente: la estabilidad y madurez; en el primer criterio se refiere a la oposición que tienen los compuestos orgánicos a degradarse y en el segundo informa sobre la fitotoxicidad de la planta la cual se mide mediante la actividad respiratoria, el contenido de amonio y el índice de germinación. La manera de estimar la estabilidad y madurez de la MO estabilizada es mediante el conocimiento de los parámetros químicos y biológicos, como son pH, contenido de nitrógeno, relación C/N, nitrificación, actividad respiratoria e índice de humificación [17]. El uso de biomasa orgánica estabilizada ayuda en gran medida a elevar la calidad del suelo agrícola desde un punto de vista sustentable. La aplicación de la MO compostada produce un beneficio a las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo y beneficia en su capacidad nutritiva a la planta [4]. El objetivo de este estudio fue conocer cuál es la mezcla de



residuos orgánicos más adecuada para su uso como mejorador de suelo, considerando la mineralización del C e índice de mineralización del N.

2. Desarrollo

2.1 Muestreo del suelo, lodo residual, residuos orgánicos, lombriz de tierra (*Eisenia foetida*) y diseño del experimento

El muestreo del suelo fue de tipo sistemático donde se tomaron 25 muestras simples de 1.5 kg a 20 cm de profundidad de este, en una área de dos hectáreas dentro del campus universitario. El suelo se mezcló y se cuarteó hasta obtener una mezcla compuesta de 2 kg; se secó al aire y a la sombra y posteriormente se tamizó a través de una malla de 2 mm que se guardó en bolsa de plástico para su caracterización analítica, el resto del suelo (35.5 kg aproximadamente) se empleó para la realización del experimento. Los residuos vegetales (desechos de frutos cítricos, como naranja y toronja) se colectaron de la cafetería del campus universitario semanalmente (15 kg) y los residuos animales (estiércol bovino) también de manera semanal (30 kg) dentro de la posta de la facultad de Veterinaria.

Los lodos residuales (LR) se colectaron del filtro prensa de la planta de tratamiento de aguas residuales de origen municipal Toluca Norte ECOSYS según EPA (1995), (10 kg) y de estos se tomaron 5 kg para el desarrollo del experimento, el resto se utilizó para los análisis en laboratorio. Los residuos sólidos vegetales se trituraron para facilitar a los microorganismos y a la lombriz llevar a cabo el proceso de vermicomposteo y posteriormente se trataron igual que las muestras de suelo y LR. Se utilizó la lombriz de tierra (*E. foetida*) y se consideró el tamaño de 4 a 6 cm y un peso de 0.5 g por individuo adulto (con presencia de clítelos) de acuerdo a Garg *et al.* (2005)[12].

Los ocho tratamientos estaban constituidos de la siguiente manera: tres contenían diferentes dosis de abono bovino y de lodo residual (TLR10RA, TLR20RA y TLR40RA), otros tres contenían dosis de lodo residual y residuo vegetal (TLR10RV, TLR20RV y TLR40RV), las letras como T indican el tratamiento, LR lodo residual, los números 10, 20 y 40 denotan las dosis de LR, las letras RA significan residuo animal y RV residuo vegetal. Dos de los ocho tratamientos contenían abono bovino y residuo vegetal (TRA y TRV). Antes de adicionar la lombriz a cada tratamiento se llevó a cabo un pre-composteo que duró 15 días que ayuda a estabilizar a la MO y evita la mortalidad de la lombriz por acidez de los residuos orgánicos utilizados. Cada tratamiento se realizó por triplicado y se utilizaron tinas de compostaje de plástico (20 cm x 30 cm x 20) con 570 g de abono orgánico más 1500 g de suelo y dosis de LR (112, 224 y 448 g), a los cuales se les adicionó 12 lombrices y se mezclaron para homogenizar cada tratamiento. Se realizó tres muestreos; inicio del experimento (a los 15 días), cuando se presenta la descomposición de la MO y está presente el proceso de mineralización (a los 60 días) y al término del proceso (a los 90 días), de acuerdo a Suthar (2009). Las muestras se guardaron para su análisis de laboratorio respectivo.

2.2 Métodos analíticos, determinación de la respiración y análisis estadístico

A cada tratamiento se determinó el contenido de C orgánico por el método de combustión a 540 °C por 4 h. Para la determinación de N-total se utilizó un semimicro-Kjeldahl, a través del método AS-16-1997. El N-inorgánico extractable se cuantificó con KCl 2N, a través del método AS-15-1997 y el N-amoniaco a través del método AS-16-1997 de acuerdo a la NOM-021 SEMARNAT (2000). La medición de la actividad respiratoria se realizó en recipientes herméticos de vidrio de acuerdo a Alef y Nannipieri (1995) [2]. Los resultados obtenidos de las variables de cada tratamiento de la vermicomposta se les aplicaron la prueba de ANOVA y Tukey con un nivel de confianza del 95% para determinar las diferencias entre los tratamientos [13]. Además se llevó a cabo una modelación estadística de los datos de la actividad respiratoria y se determinó su modelo polinomial que sirvió



para el estudio cinético de la vermicomposta, con ayuda del paquete Estadístico Statgraphics Plus 05.

3. Resultados y discusión

3.1 Actividad respiratoria de la vermicomposta de tipo animal y vegetal

Para poder explicar la madurez de la vermicomposta se planteo un modelo polinomial que utilizará datos analíticos de las mediciones que se realizaron durante el experimento. Los datos que se utilizaron para alimentar al modelo polinomial solo consideraron al producto del tiempo a 60 días de incubación para la actividad respiratoria, con esto la vermicomposta de origen animal presentó el siguiente orden: TLR20RA (1631.58±54 mg CO₂/100g de suelo), TLR40RA (1286.39±45 mg CO₂/100g de suelo), TLR10RA (971.66±56 mg CO₂/100g de suelo), y TRA (709.78±69 mg CO₂/100g de suelo). La mayor actividad respiratoria fue en TLR20RA, esto se pudo deber a que el C lábil favoreció la producción de CO₂ presente en este tratamiento con respecto a los otros, fue aprovechado por la lombriz. Los tratamientos con residuo vegetal y LR mostraron un incremento de la actividad respiratoria y exhibió el siguiente orden: TLR40RV (1154.79±71 mg CO₂/ 100g de suelo), TLR20RV (709.78±69 mg CO₂/ 100g de suelo), TLR10RV (415.51±41 mg CO₂/ 100g de suelo), y TRV (378.81±37 mg CO₂/ 100g de suelo). Este orden señala que el mayor incremento en la actividad respiratoria se dio con relación a la mayor dosis de LR (TLR40RV). Otros estudios mencionan que el contenido del C lábil es modificado por la actividad de la lombriz para utilizarlo como alimento lo que favorece la estabilización del C [5], así también la descomposición de la MO tiene que ver con la producción de CO₂, donde los microorganismos utilizan compuestos de C para la biosíntesis y formación de células nuevas o material extracelular [1]. El papel de la lombriz consiste en estimular la actividad respiratoria y fragmentar el tamaño de partícula para facilitar la descomposición de la MO lo que hace que se lleve a cabo el flujo de CO₂, H₂O y nutrimentos a la planta [5] y [18] así también los microorganismos respiran más rápidamente en presencia de grandes cantidades de MO disponible, esto se debe a que a mayores dosis de MO que consume la lombriz se incrementa la producción de CO₂.

3.2 Cinética de mineralización de durante el proceso de vermicomposteo

A partir de los datos de la actividad respiratoria de cada tratamiento, se determinó el C residual para adicionar los valores y alimentar al modelo polinomial propuesto (Ec.2) con los datos de C residual se determinó la cinética de mineralización del C durante el vermicomposteo. Para esto se expresó primeramente el contenido del C residual mediante la ecuación (Ec.1).

$$C_{residual} = \frac{C_{tot} - C_m}{C_{tot}} \times 100 \quad (1)$$

Donde C_{residual} representa el carbono residual, C_{tot} indica el carbono total y C_m es el carbono mineralizado [15]. Cabe recalcar que el modelo (Ec. 2) va a reemplazar a los modelos cinéticos de primer orden propuestos por Nourbakhsh (2007) y Peña (2004) que han trabajado en los últimos años y en particular sobre estudios de cinética de mineralización en composta [15] y [14]. Con el modelo polinomial se determina la velocidad de mineralización del C de acuerdo a la ecuación 2 [9]:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X^1 + \beta_2 X^2 + \dots + \beta_n X^n \quad (2)$$



Donde $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ son los coeficientes numéricos del polinomio y con literales $X^1, X^2, \dots, X^n$ que representan el C mineralizado en cada periodo. Al resultado obtenido de (Ec.2) se le aplicó la primera derivada para encontrar la velocidad de mineralización.

3.3 Modelación de la velocidad de respiración

A partir de la actividad respiratoria se determinó la velocidad de respiración (mg CO₂/ 100g de suelo) de cada tratamiento de acuerdo al modelo (Ec.2). El Cuadro 1 muestra los coeficientes “ β ” de velocidad donde los valores positivos indican que continúa la producción de CO₂ y los negativos que va decreciendo el proceso respiratorio. A los 15 y 60 días existen tantos valores con signos negativos y positivos que indican que el proceso continúa, pero a partir del día 90 se presentan únicamente valores con signos negativos que se muestra en la columna de “ β ” que es un indicador del cese de la velocidad de respiración. De esta manera el modelo permite pronosticar con base a la velocidad de CO₂ que a los 90 días, en los ocho tratamientos cesó la generación de CO₂, esto se debe a que el proceso de mineralización y estabilidad de la MO llegó a su término. El tiempo del proceso está de acuerdo con lo reportado por Atiyeh *et al.* (2000), donde mencionan que la actividad respiratoria al final del proceso de vermicomposteo disminuyó al cabo de 63 días, lo que da lugar a la maduración del abono y estabilidad de la MO[6].

Cuadro 1. Coeficientes de la velocidad de CO₂ presentes en el proceso de vermicomposteo

Tratamiento	β 15 (días)	R ²	β 60 (días)	R ²	β 90 (días)	R ²
TRV	- 0.58	0.997	+ 0.42	0.995	- 0.62	0.991
TLR10RV	- 0.54	0.997	+ 0.6	0.993	- 0.30	0.996
TLR20RV	- 0.07	0.995	- 0.07	0.992	- 0.48	0.991
TLR40RV	- 0.58	0.996	- 0.11	0.983	- 0.52	0.993
TRA	+ 0.22	0.995	+ 0.05	0.998	- 0.20	0.996
TLR10RA	- 0.48	0.994	- 0.62	0.997	- 0.22	0.988
TLR20RA	- 0.22	0.997	- 0.072	0.998	- 0.28	0.997
TLR40RA	+ 1.52	0.993	- 0.13	0.998	- 0.20	0.992

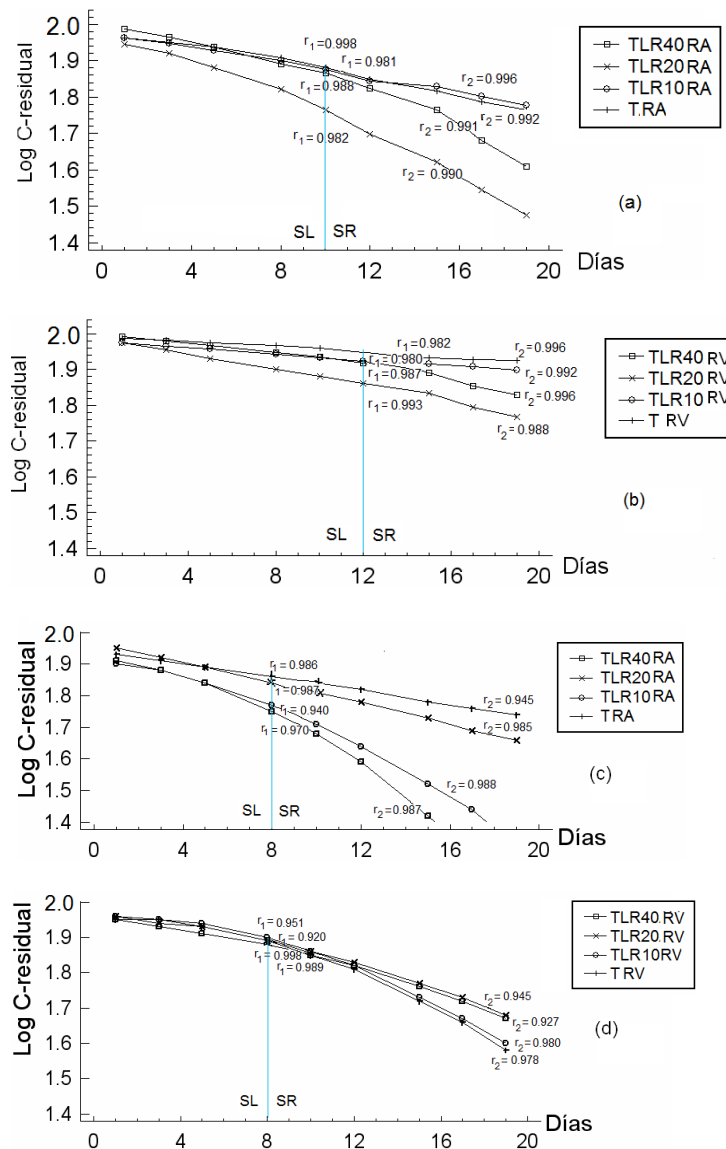
β : Coeficiente del modelo; R²: coeficiente de correlación.

3.4 Mineralización del C a los 15 y 60 días

A partir del modelo (Ec. 2) se determinó la velocidad de mineralización y se calcularon las constantes de mineralización k_1 y k_2 , estas constantes se establecieron aplicando la primera derivada al polinomio y los coeficientes de determinación r_1 y r_2 utilizando el paquete estadístico a los 15 y 60 días (Figura 1 inciso a, b, c, y d). Las mezclas de los residuos orgánicos a los dos tiempos se ajustan a dos segmentos de recta lo que indica que el proceso de mineralización del C es de primer orden. Para los dos segmentos se encuentra primero un sustrato lábil y enseguida el sustrato recalcitrante. Se puede observar que la velocidad de mineralización es mayor en las mezclas de tipo animal con respecto a las de tipo vegetal, esto se debe que las segundas presentan compuestos de lignina y un pH más ácido que tardan más tiempo en degradarse. Con relación a la fracción recalcitrante, esta es una fracción pesada y está compuesta por productos en descomposición por lo que su cambio es más lento [1]. Los componentes lábiles de la MO cambiaron más rápidamente a los 60 días con respecto a los 15 días. El C lábil es el responsable de la producción de nutrimentos y ayuda a la estabilidad temporal del sustrato durante el proceso y este también constituye la fracción ligera de la MO [1]. A los 60 días los tratamientos comienzan a entrar en la etapa de estabilidad, el material de fácil degradación comienza a agotarse y disminuye el desprendimiento del CO₂. Se ha mencionado que la velocidad de mineralización empieza a disminuir y estabilizarse a partir de la cuarta semana debido a la baja de microorganismos y de material rico en MO proveniente de



residuos orgánicos y a la presencia de compuestos recalcitrantes como la lignina y celulosa, que no favorecen a que la población microbiana transforme de manera fácil las fuentes de C y se mineralice [11]. De acuerdo a Suthar (2009), la lombriz y la biomasa microbiana se encargan de romper moléculas de celulosa y hemilcelulosa de la MO y transforman el C orgánico en C lábil, donde la labor de la lombriz consiste en acelerar el proceso de descomposición del C orgánico, que lo convierte una parte del material en biomasa (lombriz) y otra en productos de la respiración [18].



Figuras 1 (inciso a, b, c y d). Curvas de la velocidad de mineralización del carbono a los 15 días (a y b) y 60 días de incubación (c y d). T (tratamiento), LR (lodo residual), 40,20 y 10 toneladas de lodo residual, RV (residuo vegetal), RA (estiércol bovino), sustrato lábil (SL) y sustrato recalcitrante (SR).

3.5 Mineralización del Nitrógeno en la vermicomposta a los 15 y 60 días



En la figura 2 (inciso a y b) se observa que el contenido de N inorgánico total y amoniacal de la vermicomposta de tipo animal aumentan a partir de los 15 días hasta su término (60 días). Mientras que el contenido de nitratos, disminuye a los 15 días en TLR40RA, al final del proceso el contenido de nitratos en todos los tratamientos ve incrementado; esto se debe a la aportación de la MO que proviene del LR que lo favorece. Para el contenido de amonio en la vermicomposta, este se incrementó en todos los tratamientos excepto en el TLR40RA al final del proceso. Esto puede deberse a que el amonio se perdió por volatilización y lixiviación compensada por el movimiento de este por presentar por tener carga positiva que lo hace soluble en un ambiente acuoso o líquido. Otro factor que se atribuyó a la disminución del amonio, debido a que no siguió su curso hacia la nitrificación y puede quedar atrapado en las diferentes estructuras como es el complejo coloidal, de intercambio, en la MO, o en las intercapas de las arcillas [16].

La figura 2 (inciso c y d) muestran el comportamiento del N inorgánico de la vermicomposta de origen vegetal, esta tiende a incrementarse a partir del inicio del proceso hasta el término de este (60 días). El amonio y los nitratos se comportan de manera similar y presentan una tendencia no homogénea en todos los tratamientos. La lombriz de tierra tiene influencia en la dinámica de la mineralización del N a través del tiempo y aumenta el contenido de nitratos extractable en el suelo [7], lo que hace que la nitrificación se vea favorecido por las condiciones de aireación y donde el amonio es oxidado pasando primeramente a nitritos y luego a nitratos. La mayor cantidad de N formada al final del proceso se debe a la formación de mucus, excreción de sustancias nitrogenadas, a la elaboración de hormonas y enzimas donde las lombrices participan en muchas transformaciones de N, por lo que este mineral puede retenerse en forma de nitratos [5] y [12] con ayuda de la actividad microbiana, estimulada por la lombriz de tierra, que proporcionó la acumulación de nitratos de acuerdo a lo reportado por Bollag y Stotzky (1993) [8].

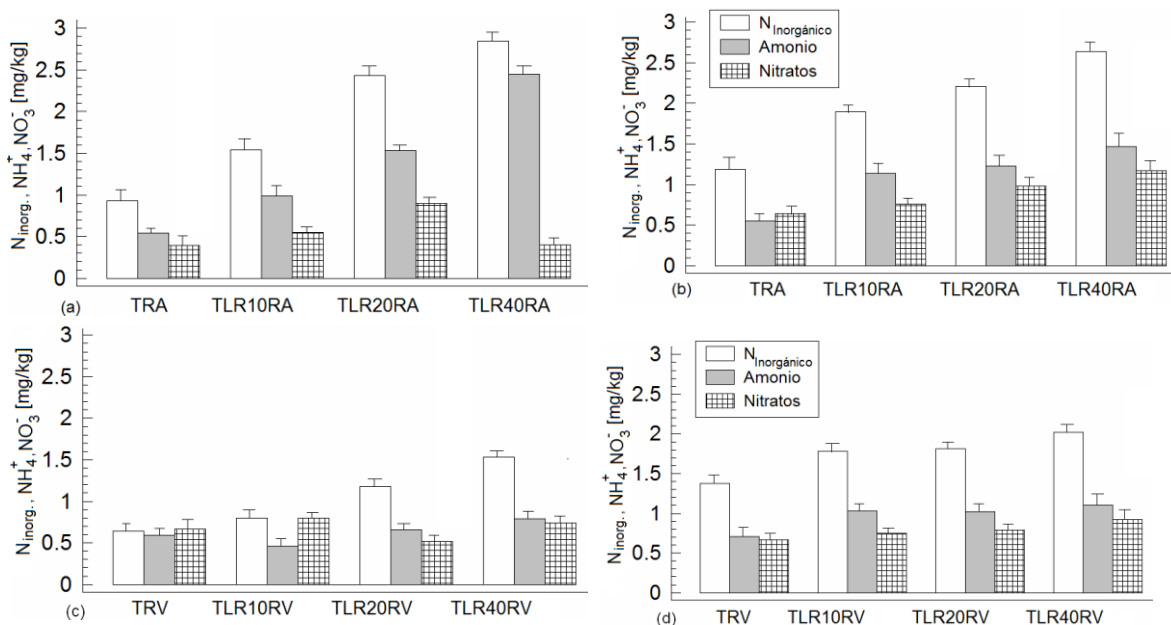


Figura 2: Contenido de nitrógeno inorgánico, amonio y nitratos en vermicomposta de tipo animal (a) a los 15 días y (b) a los 60 días. De tipo vegetal (c) a los 15 días y (d) a los 60 días. Donde, T (tratamiento), LR (lodo residual), 40,20 y 10 toneladas de lodo residual, RV (residuo vegetal), RA (estiércol bovino), sustrato labíl (SL) y sustrato recalcitrante (SR).



3.6 Índice de mineralización de la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$

Para conocer la estabilidad de una vermicomposta se requiere del índice de mineralización ($\text{NH}_4^+/\text{N-NO}_3^-$), en donde una relación menor a 1 indica que la composta llegó a su madurez por lo cual puede ser utilizada [3] y [10]. En la Figura 3a y 3b se observa que el índice de mineralización en los tratamientos que contienen estiércol bovino a los 60 días, el valor decreció conforme aumentó la dosis del LR y que fue menor a uno en todos los casos. En cambio, los que contenían residuo vegetal presentaron un índice mayor de 1, el cual es un indicativo de la falta de madurez del producto. De esta manera las mezclas de tipo animal fueron las que presentaron una madurez en el producto formado.

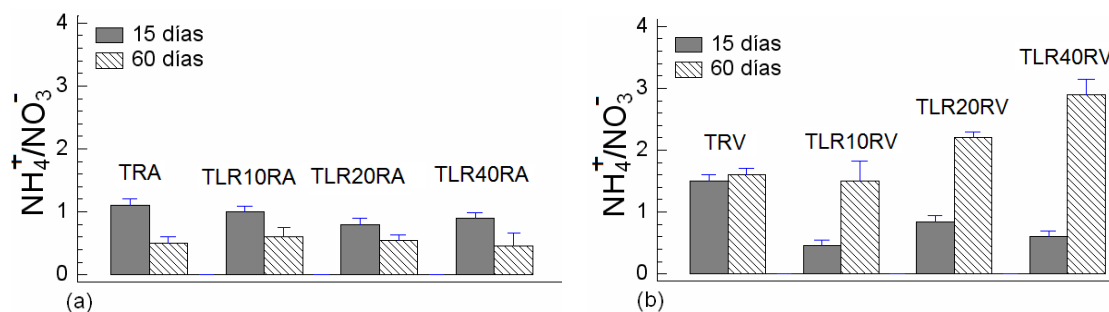


Figura. 3 (inciso a y b). Relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ en dos tiempos (a los 15 y 60 días) del vermicomposteo, (a) estiércol bovino y (b) residuo vegetal.

4. Conclusión

Con el vermicomposteo de los residuos de tipo animal se logró una vermicomposta madura a los 60 días, en contraste las de tipo vegetal no alcanzaron dicha madurez en todo el periodo experimental de 90 días. Asimismo, el tiempo de estabilización se redujo al adicionar LR a los tratamientos con residuos de tipo animal. La actividad respiratoria y la mineralización del C y N indicaron estabilidad de la vermicomposta y se colaboró con el índice de mineralización como un indicador que señala que la vermicomposta en los tratamientos de tipo animal alcanza más rápidamente la madurez. Con ambos tipos de residuos, la cinética de mineralización del C se ajustó a una cinética de primer orden. El modelo polinomial representa adecuadamente los resultados experimentales. Esto está en función de la velocidad de respiración y la cinética de C. El tratamiento, TLR40AA es el que se puede recomendar para obtener un mejorador de suelo en el menor tiempo posible.

5. Referencias Bibliográficas

- [1] Álvarez, R., Álvarez, C.R. 2000. Soil organic matter pools and their associations with carbon mineralization kinetics. Soil Science. Society American Journal. 64(1):184-189.
- [2] Alef, K., Nannipieri, P. 1995. Methods in applied soil microbiology and Biochemistry. Academic Press. London. 450 p.
- [3] Adegbedi, H.G., Briggs, R.H. 2003. Nitrogen mineralization of sewage sludge and composted poultry manure applied to willow in a greenhouse. Biomass and Bioenergy. 25(6): 665-673.
- [4] Araújo F.S.A., Melo J.W., Singh P.R. 2010. Municipal soil waste compost amendment in agricultural soil: changes in soil microbial biomass. Environ Science Biotechnology. 9(5):41- 49.



- [5] Aria, M., Sampedro, L., Monroy, F. Domínguez, J. 2008. Detritivorous earthworms directly modify the structure, thus altering the functioning of a microdecomposer food web. *Soil Biology Biochemistry*. 40(10):2511-2516.
- [6] Atiyeh, R.M., Subler, S., Edwards, C.A., Bachman, G., Metzger, J.D. 2000. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. and Shuster, W. *Pedobiologia*. 44(5): 579-590.
- [7] Bohlem, P., Clive, A.E. 1995. Earthworm effects on N dynamics and soil respiration in microcosms receiving organic and inorganic nutrients. *Soil Biology Biochemistry* . 27(3): 341-348.
- [8] Bollag, J., Stotzky, M. 1993. *Soil Biochemistry*. Vol. 8. New York. 418 p.
- [9] Braun, M. 1983. *Differential equations and the applications*. 3er Edition. Springer-Verlag. 546 p.
- [10] Brewer, L.J., Sullivan, D.M. 2003. Maturity and stability evaluation of composted yard trimming. . *Compost Science. Utilization*. 11(2):96-112.
- [11] Clarke, W., Taylor, M., Cossinns, R. 2007. Evaluation by respirometry of loading capacity of a high rate vermicompost bed for freating sewage sludge. *Bioresource Technology*. 98(4):2611-2118.
- [12] Garg, V.K., Chand, S. Chhillard, A., Yadav, A. 2005. Growth and reproduction of *Eisenia foetida* in various animal wastes during vermicomposting. *Application Ecology Environmental. Resource*. 3(2): 51-59.
- [13] Montgomery, D. 2003. *Diseño y análisis de experimentos*. Edit. Iberoamericana, México. 595 pags.
- [14] Nourbakhsh, F. 2007. Influence of vermicomposting on solid waste decomposition kinetics in soils. *Journal Zhejian University Science*. 8(10): 725-730.
- [15] Peña, C.W. 2004. *Los suelos desarrollados sobre serpentines y su relación con la Flora Endémica*. Tesis Doctoral de la Universidad de Santiago de Compostela, España. 402 pags.
- [16] Porta, C.J., López, A.R.M., Roquero, L.C. 20003. *Edafología: para la agricultura y el medio ambiente*. Mundi-Prensa. España. 849 pags.
- [17] Som M.P, Lemée L., Amblés. 2009. Stability and maturity of a green waste and biowaste compost assessed on the basis of a molecular study using spectroscopy, thermal analysis, thermodesorption and thermochemolysis. *Bioresource Technology*. 100(19):4404-4416.
- [18] Suthar, S. 2009. Vermistabilization of municipal sewage amended with sugarcane trash using epigeic *Eisenia fetida* (Oligochaeta). *Journal Hazards Materials*. 163:199-206.



Estudios de composición de residuos sólidos urbanos. Importancia y necesidad de actualización

Rosa María Espinosa Valdemar, Alethia Vázquez Morillas, Adriana de la Luz Cisneros Ramos,
Alfonso de la Torre Vega, Roberto Carlos Vázquez Solís y Beatriz Alejandra García García

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

Resumen

Los estudios de composición de residuos son una base importante para definir la vocación de los mismos y son parte fundamental de los programas de gestión integral. En el país estos estudios son escasos y en la mayoría de las ocasiones son proyecciones que sólo se actualizan de acuerdo con el crecimiento demográfico, y cuando existen datos, estos son muy variados. A pesar de que existe una norma, ésta es obsoleta, pues los tipos de residuos que se generan actualmente son muy diferentes de los que generaban cuando se emitió. En este trabajo se analizan los datos de composición de residuos sólidos urbanos de 4 municipios de la Zona Metropolitana del Valle de México: Atizapán, Naucalpán, Ecatepec y Villa Nicolás Romero. A partir de los resultados se propone una clasificación que permita agrupar de manera práctica el tipo de residuos generados, de tal manera que pueda identificarse su potencial y posible aprovechamiento. También se analiza la variación de los datos en los municipios estudiados.

Palabras Clave: *Aprovechamiento, clasificación, generación*

1. Introducción

La gestión integral de los residuos sólidos, se basa principalmente en los diagnósticos conformados por los estudios de generación y composición de los diferentes subproductos. Estos análisis no sólo permiten hacer un inventario de subproductos para fines estadísticos, sino que buscan establecer un sistema de selección que conduzca a definir la vocación, es decir, el destino de esos subproductos, que debería ser, preferentemente, su reutilización, reciclaje o la recuperación de su contenido energético. En este sentido, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos [1], establece en su Artículo 15 la obligación de hacer una clasificación de los residuos en residuos sólidos urbanos (RSU), residuos de manejo especial y residuos peligrosos. Asimismo, en su Artículo 18 indica que los residuos urbanos podrán subclasificarse en orgánicos e inorgánicos (separación primaria), con objeto de facilitar su separación secundaria, que consiste en la segregación entre sí de los residuos inorgánicos que sean susceptibles de ser valorizados. Todo ello con el propósito de contar con una clasificación básica y general de los residuos que permita uniformar sus inventarios, así como orientar y fomentar la prevención de su generación, la valorización y el desarrollo de sistemas de gestión integral de los mismos.

En México la mayor parte de los estudios de composición de los residuos sólidos, se realizan de acuerdo con la metodología de la norma NMX-AA-22-1985 "Selección y Cuantificación de



Subproductos” [2]. La norma incluye un listado de 27 subproductos de los residuos sólidos municipales, que eran los que en el momento de su publicación se reconocían como relevantes. Además describe la metodología que se debe utilizar para la clasificación de esos componentes. En el tiempo transcurrido desde la elaboración de esta norma, se han incorporado al mercado nuevos productos y materiales y se han diseñado nuevos envases con composiciones de diferentes materiales en el mismo producto, además de que se han modificado de manera importante los patrones de consumo de la población, lo que ha tenido como resultado que haya disminuido la generación de algunos de los subproductos de los residuos sólidos, a la vez que se han incorporado componentes que no se conocían y por tanto no están presentes en la clasificación de la NMX-AA-22-1985.

La composición de los residuos también ha cambiado de manera importante en el tiempo a nivel nacional. En general, la composición de los RSU depende, entre otros factores, de los patrones de consumo de la población. Se ha encontrado que existe una correlación entre la composición de los RSU generados y las condiciones económicas de los países: aquéllos con menores ingresos generan menos residuos y en sus componentes predomina la materia orgánica, en contraste con los países con mayores ingresos [3]. El caso de México ilustra la transformación entre ambos tipos de economías: en la década de los 50, el porcentaje de residuos orgánicos en la basura oscilaba entre 65 y 70% de su volumen [4] mientras que para 2011, esta cifra se redujo al 52%. En esta última fecha, 35.2% de los RSU generados eran potencialmente reciclables, destacando el papel y cartón (13.89%), vidrio (5.8%), plástico (10.8%), metal (3.4%) y textiles (1.4%) [5]

Otro factor detectado es la poca coincidencia entre los resultados de composición, incluso en las cifras oficiales reportadas y esto es lo que se analiza en este trabajo, la comparación de los resultados obtenidos entre 3 estudios de composición disponibles, contra un estudio realizado en campo. Para ello se analizan los datos de composición de RSU de 4 municipios de la Zona Metropolitana del Valle de México: Atizapán, Naucalpan, Ecatepec y Villa Nicolás Romero. A partir de los resultados se propone una clasificación que permita agrupar de manera práctica el tipo de residuos generados, de tal manera que pueda identificarse su potencial y posible aprovechamiento. También se analiza la variación de los datos en los municipios estudiados.

2. Desarrollo

2.1 Municipios estudiados

Para la selección de municipios se realizó una búsqueda de datos de composición de residuos sólidos entre los municipios conurbados del Estado de México, considerando que contaran con datos sobre composición y que fueran recientes. De los datos revisados se seleccionaron tres municipios que cumplieran con estas características: Atizapán de Zaragoza (2008) [6] Ecatepec de Morelos (2007) [7] y Naucalpan de Juárez (2010) [8]. Estos municipios están altamente urbanizados, y de hecho Ecatepec es el segundo municipio más poblado del estado de México. Los datos de los municipios seleccionados se obtuvieron de reportes impresos y/o publicados en línea, Para la obtención de datos en campo se trabajó con los residuos del municipio de Villa Nicolás Romero (VNR) [9].

El estudio de campo se realizó en enero de 2012, se tomó una muestra representativa obtenida a través de cuarteo conforme a lo indicado en la norma NMX-AA-015-1985 Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo - Residuos Sólidos Municipales - Muestreo - Método de Cuarteo (figura 1). La clasificación de los residuos se realizó teniendo como base la norma NMX-AA-022-1985 Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo -Residuos Solidos Municipales - Selección y



Cuantificación de Subproductos [10], aunque se agregaron algunas categorías con base al contenido de la muestra (figura 2).



Figura 1 Homogenización de los residuos



Figura 2. Clasificación manual de los residuos

3. Resultados y discusión

El estudio de la composición de residuos sólidos de VNR se realizó con una muestra total de 49.64 kg de residuos sólidos. El peso total de los subproductos clasificados al final del estudio fue de 49.151 kg, que representó el 99.01% de la muestra original. Por lo tanto, de acuerdo con la norma NMX-AA-022-1985 [2] los resultados son satisfactorios y válidos.

Con los datos obtenidos se definió una lista de 27 subproductos. Los resultados de su cuantificación, se muestran en la tabla 1.

Uno de los criterios determinantes para la selección de los municipios estudiados, fue que existieran datos en la mayor parte de los subproductos reportados y que la clasificación fuera muy similar. Sin embargo, como se observa en la tabla 1, en varios subproductos no hay datos reportados, lo cual no necesariamente puede deberse a que no se hubiesen generado, sino a que no se cuantificaron por separado y se agruparon con otros de características similares..

Se observa que los municipios de Atizapán y Naucalpan presentan los mismos rubros, mientras que Ecatepec y VNR no presentan datos en 4 y 7 rubros respectivamente.

En todos los casos los porcentajes más altos corresponden a los residuos alimenticios con un valor promedio de 40.47% seguidos del papel (7.70 %), residuos de jardinería (7.03%), cartón (6.76%) y pañal desechable (5.30%).

La revisión de la composición en el estudio realizado en campo en el municipio de VNR muestra que el papel, aluminio y vidrio no se encontraron durante el muestreo y dado que son subproductos, para los que existe un mercado se puede inferir que los residuos fueron “pepenados” previamente, lo cuál no sería muy extraño ya que se trata de residuos que fueron recolectados por el servicio de limpia municipal y probablemente la información que se tiene de los otros tres municipios, incluyó la recolección directa de los residuo sin pepena.



Tabla 1. Composición y cuantificación de subproductos en los 4 municipios estudiados

Municipio	Naucalpan	Atizapán	Ecatepec	VNR	Promedio
Subproducto	% en peso				
Cartón	4,85%	3,20%	5,10%	13,88%	6,76%
Cuero	0,97%	0,50%	1,50%		0,99%
Envase de cartón encerado	1,47%	3,30%	1,00%	1,08%	1,71%
Loza y cerámica	1,18%	0,70%	0,30%	2,42%	1,15%
Madera	0,0111	0,008	0,007	0,01180037	0,95%
Mat. de construcción	0,0512	0,0015		0,01159692	2,14%
Metal ferroso	3,97%	2,90%	0,80%	1,67%	2,33%
Metal no ferroso - aluminio	1,19%	1,10%	0,40%		0,90%
Papel	10,00%	8,80%	4,30%		7,70%
Pañal desechable	6,50%	2,50%	3,20%	8,99%	5,30%
Plástico en película	2,57%	3,60%	3,90%	8,14%	4,55%
PET	2,75%	1,30%	2,70%	0,02%	1,69%
PVC	0,56%	0,40%			0,48%
Polietileno de alta densidad	1,61%	0,95%		1,00%	1,19%
Polietileno de baja densidad	1,19%	1,00%	0,80%		1,00%
Polipropileno	0,81%	1,00%	1,90%	0,41%	1,03%
Poliestireno expandido	0,59%	1,10%	1,40%	0,53%	0,90%
Poliuretano	0,48%	0,40%	0,10%		0,33%
Otros plásticos	0,36%	0,50%	0,90%	5,29%	1,76%
Residuos alimenticios	28,87%	31,50%	59,50%	41,99%	40,47%
Residuos de jardinería	6,59%	11,30%	3,20%		7,03%
Trapo	2,96%	5,10%	0,80%	8,24%	4,27%
Vidrio de color	3,88%	5,70%	0,80%	3,54%	3,48%
Vidrio transparente	4,88%	3,40%	2,50%		3,59%
Baterías eléctricas	0,15%	4,90%		0,06%	1,70%
Res. biol. infecciosos	0,07%	0,30%	1,60%	0,00%	0,49%
Otros	5,29%	2,20%	1,30%	0,41%	2,30%
Total	99,97%	98,60%	98,70%	100,00%	99,32%

Es importante resaltar que de la búsqueda que se llevó a cabo para poder realizar el estudio comparativo, sólo tres municipios de más de 20 revisados tuvieron suficientes datos, la falta de datos es realmente alarmante ya que denota la carencia de estudios completos de la composición de residuos, para conocer realmente la problemática y poder elaborar diagnósticos y con base a esto tomar decisiones para su posible gestión integral.



De acuerdo con esta composición reportada para estos municipios y considerando que esta información es la que define la vocación de los residuos se propone una clasificación que permita agrupar de manera práctica el tipo de residuos generados, de tal manera que pueda identificarse su potencial y posible aprovechamiento. Así los residuos se pueden clasificar inicialmente en 3 grupos: composteables, recuperables y todo lo demás, esta clasificación se muestra por colores en la tabla 1, de acuerdo con la nomenclatura de la tabla 2 en donde también se muestran los porcentajes por tipo de residuo.

Tabla 2. Clasificación y porcentajes de residuos por municipio

Tipo de Residuo	Naucalpan	Atizapán	Ecatepec	VNR	Promedio
Recuperables	41,16%	36,70%	30,00%	24,00%	32,97%
Composteables	35,46%	44,00%	42,00%	65,00%	47,5%
Todo lo demás	23,35%	19,30%	28,00%	11,00%	20,41%
Total	99,97%	100,00%	100,00%	100,00%	99,99%

Una vez que los residuos se clasifican en estas tres categorías podría realizarse una segunda subclasificación podría incluir el destino de los residuos por ejemplo, reciclaje, re-uso, aprovechamiento material o energético.

Finalmente al comparar los datos promedio de la tabla 2 con los del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) [5], se tienen algunas variaciones en los rubros que se presentan en la tabla 3, que muestra dos grandes rubros, residuos alimenticios y RSU potencialmente reciclables, de estos últimos se desglosan los porcentajes de cada subproducto Si bien estas diferencias no son tan grandes, cuando se analiza por ejemplo, el caso del plástico una diferencia 2.1% en peso si podría ser significativa.

Tabla 3. Comparación de los datos promedio obtenidos vs los del INEGI a nivel nacional

Fuente	INEGI	Municipios Estudiados (promedio)
Residuos alimenticios (total)	52%	40.5%
RSU potencialmente reciclables (total)	38.77%	41.09%
RSU potencialmente reciclables (desglosado) Papel y cartón Vidrio Plástico metal	4,88%	3,40%
	13.89%	14.46%
	5.8%	7.07%
	10.8%	12.93%
	3.4%	3.23%



4. Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, el conocer la composición detallada de los residuos sólidos urbanos es de vital importancia, ya que esta información permite tomar decisiones con respecto a su destino o vocación que se puede convertir en instrumentos de la política pública ambiental nacional para mejorar la gestión de los residuos.

El contar con la información completa permite ubicar y clasificar claramente el destino de los residuos, también esta información debe servir de base para poder desarrollar mercados de reciclaje y/o aprovechamiento material o energético de los residuos.

Lo ideal sería poder realizar estudios de composición en todos los municipios del país para contar con información real, si bien estos estudios son laboriosos, la información que aportan es muy valiosa, pero como esto sería económicamente inviable, podrían hacerse estos estudios por regiones en el país con datos reales y actuales, y es sumamente importante que las normas en las que se basan se actualicen ya que son por demás obsoletas, se debe establecer una metodología clara y un listado de subproductos acorde con los patrones de consumo actuales.

5. Referencias Bibliográficas

- [1] Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. México. 2003 (8 de octubre).
- [2] (NMX-AA-022-1985 Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo -Residuos Solidos Municipales - Selección y Cuantificación de Subproductos.
- [3] Diagnóstico de la Situación del Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo. Washington, D. C. 1997.
- [4] SEDESOL. Dirección General de Equipamiento e Infraestructura en Zonas Urbano-Marginadas. México. 2008
- [5] INEGI 2012 <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx>
- [6] Programa Municipal para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial de Atizapán de Zaragoza 2008, Dirección de Servicios Públicos
- [7] Programa Municipal para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial de Ecatepec de Morelos 2007, H. Ayuntamiento de Ecatepec de Morelos 2006 - 2009
- [8] Programa Municipal para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial de Naucalpan de Juárez 2010, Dirección General de medio Ambiente.
- [9] Espinosa V.R.M., Vázquez M. A., Vázquez S. R. C., Quecholac P. X. García G. B.A. y García R. M. A. "Análisis de selección y cuantificación de subproductos en residuos sólidos del Municipio de Villa Nicolás Romero. Reporte Interno UAM Azcapotzalco. 2012.
- [10] NMX-AA-015-1985 Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo - Residuos Sólidos Municipales - Muestreo - Método de Cuarteo.



5° Encuentro Nacional de
Expertos en Residuos Sólidos.
Transformando residuos, construyendo sustentabilidad.



Evaluación del consumo de agua y propuesta de tratamiento del efluente residual del lavado de biodiesel

^{1,2}Conrado García González, ¹Gisela Montero Alpírez, ¹Marcos A. Coronado Ortega,
¹Daniela Montes Núñez, ³Ana M. Vázquez Espinoza

¹Instituto de Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California,
Calle de la Normal S/N, Col. Insurgentes Este, CP 21280, Mexicali, BC. cnrdgarcia@gmail.com

²Instituto Tecnológico de Mexicali, Academia de Química y Bioquímica

³Escuela de Ingeniería y Negocios Guadalupe Victoria, Universidad Autónoma de Baja California

Resumen

El biodiesel es una fuente de energía renovable, pero no necesariamente se considera sustentable, ya que depende del óptimo manejo de los insumos y el tratamiento de los desechos generados. Por otra parte, la producción y consumo del biodiesel contribuyen en la disminución de emisiones de CO₂, y SO_x, sin embargo, como toda actividad antropogénica tiene un impacto al ambiente, como son el consumo de agua y generación de aguas de desecho. En el estado de Baja California, existe un potencial de producción de biodiesel a partir de recursos, tales como grasas amarillas y aceites vegetales residuales, estimado en 1,300 y 6,400 m³ anuales respectivamente. Una vez que se lleva a cabo la reacción de transesterificación, por el método alcalino, el siguiente paso es la separación del biodiesel y la glicerina por diferencia de densidades. Posteriormente se lava el biodiesel, para ello existen diversas técnicas que emplean por lo menos el triple de volumen de agua por volumen de biodiesel a procesar. Al finalizar el proceso, el agua residual contiene diversos contaminantes, entre los cuales destacan grasas, aceites, glicerina, metanol y catalizador residual, en cantidades que exceden los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), por lo que deben ser removidos antes de descargarlos. El tratamiento del agua residual es determinado de acuerdo a su disposición final. Se presenta aquí una evaluación del potencial consumo de agua de acuerdo con la técnica utilizada para lavar el biodiesel, así como de las propuestas de tratamiento del agua residual.

Palabras Clave: *Biomasa, bioenergéticos, energía renovable, tratamiento de aguas.*

1. Introducción

El consumo de diesel en Baja California, durante el período 2000-2010, fue en promedio de 717,211 m³, volumen considerable, que se propone sustituirlo en forma gradual con biodiesel, obtenido a partir de diferentes materias primas disponibles en el estado, aunque su producción en la actualidad es inexistente a escala comercial [1].

Con base en resultados experimentales propios, las materias primas para la producción de biodiesel, evaluadas son las Grasas Amarillas (GA) y Aceites Vegetales Residuales (AVR) generados por la preparación de alimentos y procesos de sacrificio respectivamente. Existen diversas técnicas empleadas para la transformación de las GA y AVR en biodiesel, la más empleada, es la vía alcalina [2-8], para ello se utiliza como catalizador hidróxido de sodio o potasio, entre 0.7 a 1.0% en peso y una relación molar de metanol de 6:1 y en ocasiones de 9:1 como exceso, para asegurar una alta eficiencia. En los casos experimentales citados, se utilizó catálisis alcalina.



Las condiciones de reacción son 60°C por una hora y agitación intensa [9]; debido a esta última, la glicerina obtenida se dispersa en el medio en formas de partículas pequeñas, provocando que se requiera mayor tiempo para decantarla [10].

La reacción de transesterificación en los mejores casos tiene una eficiencia entre el 95 al 98%, por lo que parte de la materia prima que no reaccionó se encuentra presente en los productos obtenidos, y estos residuos son considerados contaminantes que deben ser removidos [11].

Para asegurarse que el biodiesel contribuya a resolver la problemática energética, es necesario hacer un análisis integral, que cuantifique todas las emisiones asociadas al uso de estos productos, muy en especial aquéllas relacionadas con la descarga de aguas residuales [12]. Por lo que el objetivo del presente trabajo, es evaluar el potencial de consumo de agua relacionada con las diferentes técnicas para el lavado del biodiesel que pudiera producirse en Baja California, a partir de fuentes consideradas como residuos, tales como GA y AVR, con la posibilidad de producir 1,300 y 6,400 m³ anuales de biodiesel (B100) respectivamente [1], y las propuestas de tratamiento según la disposición del recurso hídrico, en concordancia con las normas ambientales aplicables.

2. Desarrollo

El proceso de purificación de biodiesel comienza con la separación de los ésteres y la glicerina, utilizando para ello un equipo decantador, en el cual, se aprovechan la diferencia de densidades y el efecto de la gravedad, para separarlos; donde la segunda arrastra consigo la mayor parte de jabón, catalizador y alcohol [13,14]. Al mismo tiempo que se realiza la decantación, se efectúa la recuperación del metanol remanente, para utilizarse en el siguiente lote de producción de biodiesel (ver Figura 1). Finalizada la decantación, y debido a la presencia de catalizador residual en el biodiesel, se neutraliza con ácido fosfórico o acético [15,16]. Enseguida se procede al lavado del biodiesel utilizando agua.

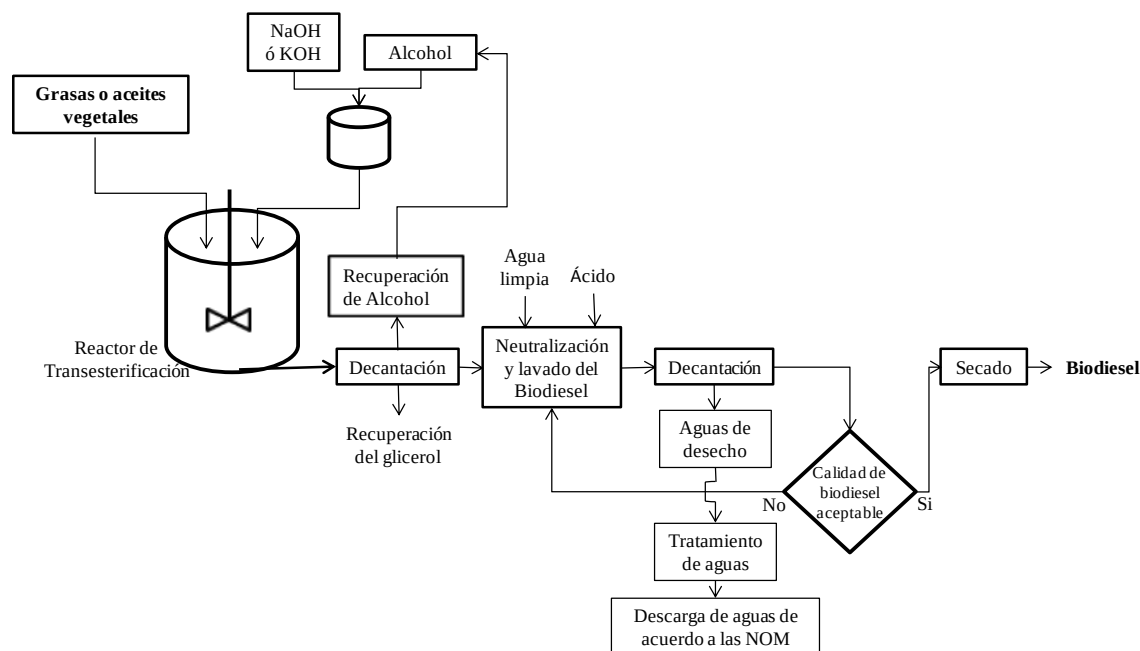


Figura. 1. Proceso de producción y purificación de biodiesel [elaboración propia]



Para que el biodiesel se considere aceptable, debe cumplir con los parámetros definidos en la norma ASTM D6751-08a. En la Tabla 1, se muestran las especificaciones de calidad del biodiesel (B100) relativas al lavado y acorde a la norma mencionada con anterioridad.

Tabla 1, Especificaciones de calidad del biodiesel (B100) de acuerdo a la norma ASTM D6751-08a relativas al proceso de purificación [17]

Propiedad	Límite	Unidad
Calcio- magnesio; sodio-potasio	5 max.	Ppm
Alcohol: 1.- Contenido de metanol o 2.- Punto de ignición	0.20 max. 130 min.	% vol °C
Agua y sedimentos	0.05 max.	% vol
Glicerina libre	0.020 max.	% masa
Glicerina total	0.240 max.	% masa

2.1 Lavado del biodiesel utilizando agua

El proceso de purificación de biodiesel, no se encuentra regulado bajo ninguna norma, por lo que cada productor implementa la técnica que mejor se ajuste a sus necesidades, con el fin de alcanzar la calidad aceptable del biodiesel, definido en la norma ASTM. Cabe señalar, sin embargo, que el lavado de biodiesel, se encuentra en función de la materia prima o calidad de la misma, dado que es común que la presencia de ácidos grasos libres conduzca a la saponificación de la reacción, dificultando el proceso de lavado.

Para el proceso de lavado es necesario que el agua empleada presente la menor cantidad de iones disueltos e impurezas, de lo contrario, estos serán transferidos al biodiesel. A continuación se presentan las principales técnicas utilizadas para el lavado del biodiesel, empleando agua como medio de arrastre para las impurezas [18].

1. *Lavado con niebla.* Consiste en rociar una nube de pequeñas gotas de agua, sobre la superficie del biodiesel, de igual volumen que el combustible a procesar, sin generar turbulencia. El agua arrastra hasta el fondo del contenedor las impurezas. Este procedimiento se repite 3 veces. Algunas de sus desventajas, radican en que es un proceso lento y requiere de un volumen de agua considerable.
2. *Lavado por burbujas de aire.* Esta técnica requiere de la adición de aire por la parte inferior del recipiente, que contiene 1.5 veces más de agua que de biodiesel. Las burbujas de aire suben atravesando primero el agua y luego el biodiesel. Cada burbuja de aire queda cubierta por una fina película de agua que interactúa con el combustible y cuando la burbuja llega a la superficie, se rompe provocando la formación de pequeñas gotas de agua, que vuelven al fondo, arrastrando las impurezas. Se sugieren cuatro lavadas consecutivas. Algunas de las desventajas de este proceso es que requiere de bastante tiempo y debido a la integración de aire, produce oxidación del biodiesel.



3. *Lavado por agitación.* Esta forma de lavado, requiere de un contenedor con un dispositivo tal que, aporte la energía para agitar la mezcla biodiesel-agua, en cantidades iguales hasta que tenga un aspecto lechoso homogéneo, se deja reposar y, si no emulsiona se continúa con la decantación del agua. Este procedimiento se realiza 3 veces. Como ventajas se tiene que es rápido y efectivo, no oxida el combustible. Por otra parte es riesgoso, debido a que evidencia un biodiesel de mala calidad, al formar una emulsión biodiesel-agua.
4. *Lavado por chorro de agua.* Este método es sugerido cuando el biodiesel no es de buena calidad; consiste en suministrar agua en flujo constante de tal forma que perturbe al biodiesel lo menos posible, en cantidad 5 veces la cantidad del biodiesel. Las ventajas son que evita la emulsificación y es rápido; en contraparte consume un volumen de agua considerable.

2.2 Principales contaminantes en el agua residual del lavado del biodiesel

Una vez lavado el biodiesel, el agua residual empleada para el lavado se somete a tratamiento para poder disponerlo de acuerdo a la normatividad. Es impreciso mencionar cuáles son los contaminantes que se encuentran presentes en el agua residual, ya que estos dependen de la materia prima utilizada, catalizadores y eficiencia de proceso; por lo general se puede mencionar entre los principales contaminantes al jabón, glicerina, grasas, aceites y metanol.

3. Resultados

La cuantificación del agua para el lavado de biodiesel está en función de la técnica seleccionada. Ésta última, se elige dependiendo de su capacidad para la remoción de contaminantes del biodiesel, y no en función del consumo de agua. La estimación de la cantidad de agua para lavado, se lleva a cabo mediante la siguiente ecuación:

$$C_{\text{agua}} = P_{\text{biodiesel}} \times R_{\text{lavado}} \times R \quad (1)$$

donde: C_{agua} = cantidad de agua requerida para el lavado del biodiesel (m^3), $P_{\text{biodiesel}}$ = producción de biodiesel (m^3), R_{lavado} = relación de agua de lavado-biodiesel, y R = la cantidad de repeticiones del lavado del biodiesel.

En la Tabla 2, se muestra un estimado de consumo de agua anual para cada una de las técnicas de lavado descritas anteriormente, considerando un potencial de producción de biodiesel en Baja California de $7,700 \text{ m}^3$ anuales [1].

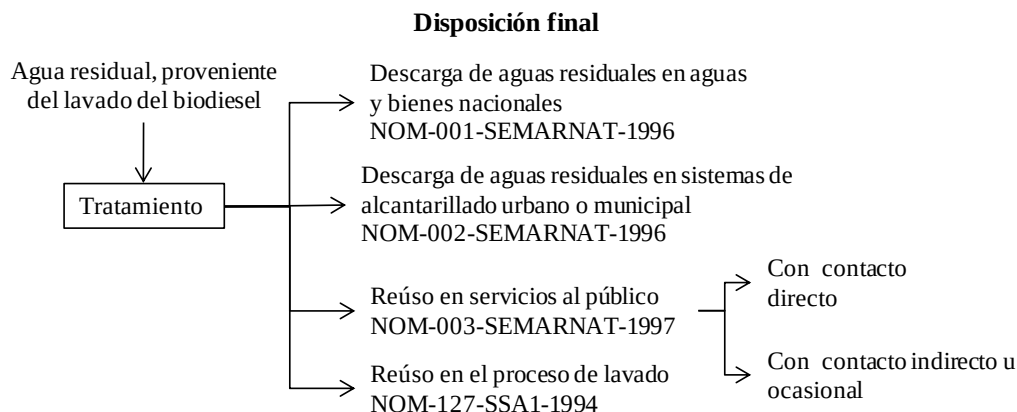
Tabla 2. Consumo de agua para lavado del biodiesel, en Baja California

Técnica de lavado de biodiesel con agua	Relación cantidad de biodiesel-agua	Número de lavados	Cantidad de agua anual (m^3)
Lavado con niebla	1-1	3	23,100
Lavado por burbuja de aire	1-1.5	4	46,200
Lavado por agitación	1-1	3	23,100
Lavado por chorro de agua	1-5	1	38,500

3.1. Normatividad aplicable a la descarga de aguas de desecho



Existen diversas opciones para la descarga del agua residual que deben cumplir con las disposiciones normativas en materia de descarga de aguas y aguas residuales. Se presentan cuatro alternativas acordes a la normatividad aplicable (ver Figura 2).



La decisión de descarga le corresponde al productor, y ésta sirve de apoyo para definir el procedimiento del tratamiento de las aguas residuales.

Figura. 2. *NOM aplicable según destino de la descarga del agua residual de lavado [19]*

3.2 Sugerencia de tratamiento del agua residual, del proceso del lavado del biodiesel

Debido a la gran cantidad de contaminantes presentes en el agua residual procedente del lavado de biodiesel, no es posible descargarla directamente del contenedor donde se desarrolló esta operación. Por ello, es obligatorio realizar un tratamiento a estas aguas, y se sugiere sea en el orden que se presenta a continuación.

1. Tratamiento preliminar, destinado a la eliminación de grasas y aceites fácilmente separables, a través de una trampa de grasas.
2. Tratamiento primario, que comprende del retiro de materia flotante y de sólidos suspendidos, empleando para ello tanque de sedimentación.
3. Tratamiento secundario, que consiste en un proceso anaerobio, para reducir la mayor parte de la materia orgánica presente, y está constituido de una serie de procesos microbiológicos, en ausencia de oxígeno. Este proceso se lleva a cabo por bacterias. Una de las ventajas frente a la digestión aerobia, es que requiere de instalaciones menos costosas, no hay necesidad de suministrar oxígeno, por lo que el proceso es más barato y el requerimiento energético es menor. Otra ventaja es que produce una menor cantidad de lodos biológicos.
4. Los lodos generados en el proceso anterior, podrían tentativamente disponerse como abono y mejorador de suelos; todo depende de si cumple con las características previstas en la NOM-004-ECOL-2002 [19].

Esta serie de tratamientos de aguas de lavado del biodiesel, son suficientes para las descargas mencionadas en la Figura 2, excepto para su uso como agua potable, ya que requiere de más etapas de tratamiento, como por ejemplo, digestión aerobia, reducción de sólidos y desinfección.

4. Conclusiones



La industrialización del biodiesel, demanda cantidades importantes de agua para el lavado, la cual está en función del método, y puede variar de 3 a 6 litros de agua por litro de biodiesel. Debido al momento de instalar una planta productora de biodiesel, es prudente contemplar una planta tratadora de aguas residuales, que permita reusar o disponer el agua de desecho, con los requerimientos definidos en las NOM's aplicables.

Para el tratamiento del agua residual, se sugiere un tratamiento biológico anaerobio, para la degradación de los compuestos orgánicos como mono-, di- y triglicéridos, los cuales generan una alta demanda bioquímica de oxígeno. Los lodos resultantes de este proceso pueden ser utilizados como mejorador de suelos debido a la gran cantidad de nutrientes presentes.

Agradecimientos

Se agradece a CONACYT y al Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California, por el apoyo brindado para la realización del presente trabajo.

Referencias Bibliográficas

- [1] Montero, G. Stoytcheva, M. Garcia, C., Coronado, M., Toscano, L., Campbell H., Perez A. and Vazquez A. Current status of biodiesel production in Baja California, Mexico. In: Montero A. G. and M. Stoytcheva, editors. Biodiesel - Quality, Emissions and By-Products, Croatia: InTech; 137 (2011). <http://www.intechopen.com/articles/show/title/current-status-of-biodieselproduction-in-baja-california-mexico>.
- [2] Semwal S., Ajay K., Rajendra P. Badoni R., Tuli D., "Biodiesel production using heterogeneous catalysts". Bioresource Technology. Vol. 102 (2011). pp. 2151-2158.
- [3] Leung D., Wu X., Leung M., "A review on biodiesel production using catalyzed transesterification". Applied Energy. Vol. 87 (2010). pp. 1084-1093.
- [4] Zhang Y., Dubé M., McLean D., Kates M., "Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment". Bioresource Technology. Vol. 89 (2003). pp. 2-8.
- [5] Meher, L., Sagar D., Naik S. "Technical aspects of biodiesel production by transesterification-a review". Renewable & Sustainable Energy Reviews. Vol. 10 (2006). pp. 249-255.
- [6] Fangrui M., Hanna M. "Biodiesel production: a review". Bioresource Technology. Vol. 70 (1999). pp. 2-8.
- [7] Van Gerpen J. "Biodiesel processing and production". Fuel Processing Technology. Vol. 86 (2005). pp. 1097-2001.
- [8] Salvi B.L., Panwar N.L. "Biodiesel resources and production technologies – A review" Renewable & Sustainable Energy Reviews. Vol. 16 (2012) 3680-3685.
- [9] Benjumea, P. N., J.R. Agudelo y L.A. Ríos. Biodiesel: Producción, calidad y caracterización. 1ra edición, p 152. 2009. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- [10] Van Gerpen, J. "Biodiesel Production Technology". Subcontractor Report National Renewable Energy Laboratory. 2004. 110 p.
- [11] Gerreiro P. 2003. (23/mayo/2012). http://residuos.quercus.pt/xFiles/scContentDeployer_pt/docs/DocSite1850.pdf
- [12] Molina, M. 2012 (14/mayo/2012). <http://centromariomolina.org/aumento-de-temperaturas-en-el-norte-de-mexico/>



- [13] Lizana D. 2008 (23/mayo/2012). http://www.ecodesarrollo.cl/descargas/Antecedentes_Biodiesel_D.pdf
- [14] Atadashi I.M., Aroua M.K., Abdul A., Sulaiman N.M.N. "Refining technologies for the purification of crude biodiesel". Applied Energy. Vol. 88 (2011) 4239-4245.
- [15] Atadashi I.M., Aroua M.K., Abdul A., "Biodiesel separation and purification: A review". Renewable Energy. Vol. 36 (2011). pp. 437-441.
- [16] Berrios M., Skelton R.L., "Comparison of purification methods for biodiesel". Chemical Engineering Journal. Vol. 144 (2008). pp. 460-463.
- [17] National Renewable Energy Laboratory. Biodiesel Handling and Use Guide. Cuarta edición. 2008. US Department of Energy. Oak Ridge. p. 13.
- [18] Addison K., 2012 (12-03-2012). www.journeytoforever.org/biodiesel_vehicle.html#washtst
- [19] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2003. (11/junio/2012). <http://www.semarnat.gob.mx>



Elaboración de un modelo a escala para elaborar composta con residuos orgánicos en una I.E.S.

¹Dora Argelia Hernández Martínez, ¹José Gpe. Melero Oláquez, ²Argelia Melero Hernández

¹Instituto Tecnológico de Mexicali. Av. Tecnológico s/n, Col. Elías Calles, Mexicali, Baja California, México. Tel: (686) 5804998. dorahora@yahoo.com

²UABC.

Resumen

La tierra-suelo es el elemento principal para producir alimentos, de ello depende la supervivencia de todos los seres vivos que poblamos el planeta, más aun, el suelo fértil es una fina capa de la superficie terrestre, por lo que esto se convierte en una de las razones básicas para cuidarlo. Por el afán de producir más, ya sea por necesidad o por ambición, desde los grandes terratenientes hasta los más humildes agricultores han utilizado durante años, y, en muchas ocasiones sin medida, plaguicidas y pesticidas que poco a poco han ido dañando la fertilidad del suelo. Es necesario buscar alternativas sustentables para que la producción agrícola siga desarrollándose y cumpla con su objetivo social y económico; proporcionando alimentos, además de ser fuente de ingreso para los agricultores. Este trabajo se llevó a cabo a partir de un estudio de caracterización de los residuos sólidos en una IES, el cual arrojó que el promedio diario de residuos totales es de 280.51 kg.; de estos, los residuos orgánicos de cafetería son de 31.7 kg, en los jardines de 56.2 kg y en los edificios de 28.52 kg, generando un total de 116.42 kg. (41.5 %) que tienen potencial para producir composta. La producción de composta se realizó en un contenedor de plástico transparente como modelo a escala para fines didácticos. El modelo y la composta producida se ha presentado tanto a estudiantes en la Institución como al público en general en exposiciones sobre medio ambiente para promover el uso de abono orgánico natural.

Palabras clave: Abono, alimentos, caracterización, ingreso, suelo fértil.

1. Introducción

Además del agua, la tierra-suelo es el elemento principal para producir los alimentos que diariamente consumimos, de ello depende la supervivencia de los seres vivos, razón de más para que pongamos empeño en cuidarla. A lo largo del tiempo, con el afán de producir más alimentos y conforme los adelantos científicos avanzan, los agricultores han aprendido a usar sustancias (plaguicidas y pesticidas entre otros) que poco a poco han ido dañando la capa fértil del suelo [1]. Es necesario buscar alternativas sustentables para que la producción agrícola siga desarrollándose y cumpla con su objetivo social y económico, esto es; proporcionar alimentos y ser fuente de ingreso para los agricultores.

Una de esas alternativas sustentables para cuidar y mejorar las tierras agrícolas es la utilización de compostas. La producción de composta que era una práctica común en el pasado, se dejó de realizar ante el advenimiento y aparente éxito de los fertilizantes industriales, que ahora sabemos son dañinos al suelo y al agua [2]. En la actualidad, ante el crecimiento de la demanda de alimentos orgánicos [3], los planes y programas de los gobiernos nuevamente están buscando el uso sustentable del suelo mediante la composta por ser un abono orgánico de excelente calidad para



incorporarse al suelo como fertilizante natural. La producción de composta se genera en un contexto natural de fermentación aerobia, se aprovecha el calentamiento de las poblaciones microbianas que están presentes en la biodegradación de los residuos orgánicos, aumentando el contenido de humus y el desarrollo de microbios para que se asimile el nitrógeno, fósforo, calcio, potasio, entre otros nutrientes, por lo que resulta en un mejorador de suelos al aumentar la retención de humedad.

2. Desarrollo

Contexto

El Instituto Tecnológico de Mexicali (ITM), es parte de la Dirección General de Educación Superior Tecnológica que cuenta con 261 Institutos Tecnológicos en México con una población aproximada de 440,000 alumnos. Para el caso de este estudio, el ITM cuenta con una población de aproximadamente 3,000 alumnos, 234 docentes y 72 asistentes a la educación (administrativos y servicios generales). El estudio de caracterización y cuantificación de los residuos sólidos que se generan en el ITM se realizó en base a la NMX-AA-022-1985 con modificaciones de acuerdo con Ojeda-Benítez et al, 2000 [4].

Contenedor-prototipo para producir composta

La información que se encuentra disponible para producir composta es extensa y variada [5], la mayoría de los autores explican por medio de tecnologías de información (TIC's), tales como power point, folletos, youtube, entre otras, como producirla a partir de grandes contenedores o de hoyos en el suelo. La finalidad de este trabajo es llevar el contenedor a los diferentes lugares de explicación, como son foros, en instituciones de educación, etc., por tal motivo, el contenedor debe cumplir con ciertas características:

- fácil manejo.- esto es que sea de bajo peso y facilidad de transportarlo
- transparente.- esta característica es importante porque los espectadores pueden conocer el proceso tanto en la superficie como el fondo y las paredes laterales del contenedor.
- contenedor reusable.- al término de la producción de composta, se puede usar para iniciar otra producción.
- que no represente riesgo sanitario para los que la elaboren.
- costo accesible.- que la mayoría de la población pueda adquirirlo.

El prototipo más factible para usar, es un contenedor transparente de 65 a 70 lts con tapa, la figura 1 muestra el contenedor usado para este proyecto (80x40x30 cm), en una casa-habitación ocupa menos de medio metro cuadrado. Por lo que puede colocarse en la parte más alejada del jardín sin que genere molestias por olores o moscas.



Figura. 1. Contenedor para composta

Proceso de composteo

La figura 2 muestra las tres partes de este proceso (colecta, trituración y preparación para composteo en su fase inicial:

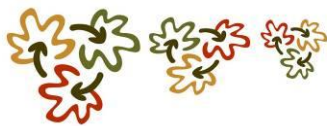
- colecta de los residuos orgánicos.- estos se colectan en la cafetería de la institución (cáscaras de cítricos, plátanos, aguacate, papaya, melones, diferentes tipos de verduras, flor de jamaica, piña, manzana, entre otros similares. Durante una semana se recolectaron solo una parte de los residuos (aproximadamente 3.5 kg diarios).
- trituración manual.- esto es que las cáscaras de plátano, cítricos, etc. se agreguen al contenedor en partes pequeñas para que se lleve a cabo más rápido el proceso de descomposición de estos residuos.
- Preparación para composteo (fase inicial).- el primer día se le agregó una capa de tierra fértil (entre siete u ocho kg) al fondo del prototipo, después se agregó una capa de residuos orgánicos en pequeñas partes, se le agregó un poco de agua, se tapó, se colocó en un lugar donde recibiera los rayos solares y se encontrara fuera del contacto humano, esto para evitar los malos olores y la proliferación de moscas y las condiciones ambientales empiezan a realizar su trabajo. Este proceso se realizó diariamente durante una semana, al finalizar esta, cada tercer día se removía la tierra con los residuos para permitir una aeración homogénea.



Figura. 2. Preparación inicial del contenedor

3. Resultados

Por las condiciones del clima en la ciudad de Mexicali, donde la temperatura en primavera y verano se consideran extremas (entre 40 a 50 grados centígrados), la descomposición por



“autocalentamiento” se da en forma rápida y efectiva. En 5 semanas se generan aproximadamente 15 kg de composta, lista para ser usada, principalmente en jardines y plantas de ornato de casas-habitación (objetivo de este trabajo).

La composta producida es inolora, de color negro y de forma granulada, sin restos gruesos de residuos tal como lo muestra la figura 3, durante la primer semana que se agregaron residuos, tierra y agua con un peso aproximado de 25 kg, al final se obtuvo un peso aproximado de 15 kg, lo anterior nos hace ver que en un prototipo como el mostrado para este trabajo, se produce un 60% de composta o abono, totalmente orgánico.

Beneficios

- la composta reduce el volumen de la basura que se dispone en los basureros o rellenos sanitarios
- elaborar composta reduce el crecimiento de residuos en los cuerpos de agua
- la composta orgánica tiene mejores nutrientes que benefician a las plantas.



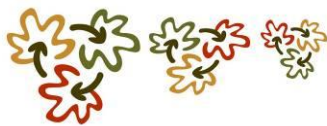
Figura. 3. Aspecto final de la composta

Discusión

La producción de composta casera en un prototipo como el sugerido, aunque no existan riesgos, no se considera una ciencia cierta, es la experiencia del “composteador” (jefe de familia, ama de casa, hijos, etc.) la que permite utilizar en una medida u otra, el método que mejor funcione; por ejemplo, si al pasar un par de semanas el composteador nota que “no está pasando nada” dentro del prototipo, puede ser que se necesite añadir más agua o aire, si el clima es muy caliente o el mal olor es fuerte, son indicio de presencia alta de nitrógeno por lo que hay que añadir algún material carbonizado para reducir la temperatura.

En la segunda semana, aparecieron plantas de los residuos agregados al prototipo, lo anterior indicó que las semillas de estos residuos germinaron por la acción de la humedad por ello, se decidió cortarlas y remover diariamente la tierra para evitar el nacimiento de estas (el objetivo no era crear un jardín familiar), además de que se agregó un poco de cal para hacer infértiles las semillas.

Decidimos no medir la temperatura en las diferentes fases de producción dentro del prototipo, esto con el fin de no agregar términos técnicos al momento de explicar el uso y beneficios del prototipo,



el equipo estableció que en la siguiente producción de composta si se tomaría la temperatura, además de realizar análisis de fosfatos, nitrógeno, humedad y pH principalmente.

4. Conclusiones

El desarrollo y presentación de este trabajo nos permitió entender que:

- la producción de composta o abono se puede llevar a cabo “empíricamente”; esto es que se puede producir composta sin tener conocimientos sobre la variables que actúan en dicho proceso, tales como pH, humedad, fosfatos, nitrógenos, entre otras, sin embargo concluimos que como miembros de una institución de educación superior, es nuestro deber estudiar y dar a conocer dichas variables.
- El composteo es factible, pues es sencillo de realizar, de fácil manejo y no requiere mucho cuidado o mantenimiento.
- El presentar físicamente el prototipo (además de que se entregaron folletos alusivos a la construcción, ventajas y desventajas de este) nos permitió hacer ver al público en general (amas de casa principalmente) que conseguir el contenedor y elaborar composta es una tarea sencilla, además de que promueve el cuidado del medio ambiente.

La composta producida y el prototipo se presentaron en dos exposiciones (festival ambiental organizado por el gobierno municipal y exposición en el ITM), en las cuales se tuvo la oportunidad de promover a través del prototipo físico, además de folletos sobre el uso de este.

Finalmente podemos concluir que este prototipo para producir composta ayuda a promover la elaboración de esta por ser un proceso sencillo y amigable con el medio ambiente.

Para el caso del ITM donde el 41.5% (116 kg) de los residuos que genera son orgánicos, pueden elaborarse aproximadamente 40 kg diarios de composta o abono orgánicos.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó gracias al apoyo de la dirección del ITMexicali, el departamento de Química de la institución y de 4 estudiantes que realizaron su servicio social en este proyecto.

5. Bibliografía

- [1] Montiel, L. 2004. Plaguicidas y salud. Riesgos para la salud derivados del uso de los plaguicidas. <http://www.alu.ua.es/1/mv5/RPS.html> Consultado 12/06/2012.
- [2] Pérez y Forbes. 2012. Consultado el 20/06/2012. <http://www.cipotato.org/publications/pdf/003861.pdf>
- [3] La Jornada. 2010. Crece interés por alimentos orgánicos en México. Consultado 20/06/2012. <http://www.jornada.unam.mx/2010/04/15/estados/032n1est>
- [4] 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.
- [5] CDI. 2009. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. Consultado 20/06/2012. http://www.cdi.gob.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=697
- [6] Gajalakshmi, S. and Abbasi, S. A. 2008. Solid Waste Management by Composting: State of the Art. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 38:5. pp311- 400



5º Encuentro Nacional de Expertos en Residuos Sólidos.

Transformando residuos, construyendo sustentabilidad.

Universidad Veracruzana- USBI Xalapa, Ver. 24 al 26 de Octubre de 2012.





Propuesta de aprovechamiento de la semilla de algodón en Baja California

¹Daniela G. L. Montes Núñez, ¹Gisela Montero Alpírez, ¹Marcos A. Coronado Ortega, ^{1,2}Conrado García González, ^{1,2}Lydia Toscano Palomar, ¹Héctor E. Campbell Ramírez, ¹Armando Pérez Sánchez

¹ Instituto de Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California, calle de la Normal S/N, colonia Insurgentes Este, CP 21280, Mexicali, BC, dmontesnunez@gmail.com

²Instituto Tecnológico de Mexicali. Academia de Química y Bioquímica

Resumen

En Baja California, el algodón ha desempeñado un papel clave en la agricultura y su producción se concentra totalmente en el Valle de Mexicali. El producto principal del cultivo de algodón es la fibra y tiene como subproducto la semilla de algodón, del cual se derivan otros subproductos tales como el aceite, harinas proteicas y la cascarilla. En 2011, el Valle de Mexicali reportó una superficie cosechada de 32,461 ha de planta de algodón que generaron 143,594 t de algodón y aproximadamente 80,000 t de semilla. Dado que la semilla de algodón post-cosecha, no cuenta con la calidad requerida para ser utilizada como semilla para cultivo, se considera como un residuo, utilizado principalmente en la alimentación para ganado, desaprovechando una fuente valiosa de aceite vegetal comestible. Es por ello, que en el presente trabajo se hace una propuesta de procesamiento de las semillas de algodón, que consiste en la extracción parcial de aceite vegetal y en la obtención de harina. La extracción parcial permite que la torta resultante cuente con suficiente valor proteico para ser utilizada en la alimentación de ganado. Los resultados indican que es factible extraer 10,100 t de aceite crudo y 36,600 t de harina. Tal cantidad de aceite podría satisfacer 1.2 veces la demanda de importación nacional de aceite crudo de algodón y además, aprovechar los subproductos del algodón, maximizando su valor en la cadena de suministro.

Palabras Clave: *Aceite de algodón, harina proteica, subproductos.*

1. Introducción

Baja California cuenta con 431,000 ha cultivables, de las cuales el Valle de Mexicali tiene una superficie total de 207,000 ha, donde se practica agricultura de riego [1]. Entre los principales cultivos que se siembran en el Valle de Mexicali, destaca el algodón, que en 2011 reportó una superficie cosechada de 32,461 ha de planta de algodón [2]. El algodón es una planta de la familia de las malváceas; es la segunda mejor fuente de proteínas después de la soya y el noveno productor de aceite [3]. El producto principal es la fibra y como subproducto se obtiene la semilla de algodón, de la cual se derivan otros subproductos tales como el aceite, harinas proteicas y la cascarilla.

El cultivo de algodón es típico de las zonas cálidas, es exigente en agua y su desarrollo comprende de cuatro a cinco meses de temperaturas altas y constantes durante su crecimiento [4]. Una vez que se levanta la cosecha, el algodón es enviado a plantas despepitadoras, donde sufre un proceso de transformación, mediante el cual se obtiene la fibra, semilla y cascarilla [5]. La semilla de algodón es destinada a la industria como insumo oleaginoso, o bien es utilizada directamente por ganaderos en la elaboración de la torta de algodón y en la formulación de alimentos suplementarios para el



ganado [4]. Además, como una alternativa a la industria del algodón, se realizan estudios para aprovechar el aceite de la semilla, residuos de los tallos y capullos como fuente de biocombustibles [6]. En la Figura 1 se observan los productos obtenidos por tonelada de semilla triturada.

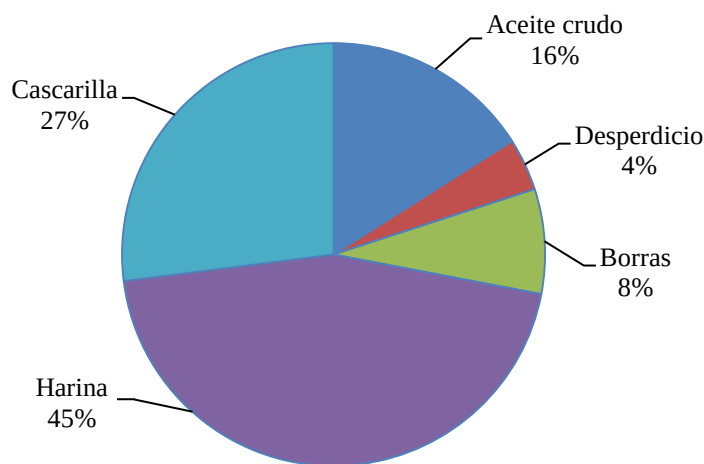


Figura. 1. *Productos de la semilla de algodón [7].*

El aceite extraído de la semilla de algodón contiene cantidades significativas de ácidos grasos saturados: ácido linoléico (58%), ácido palmítico (28%), ácido oleico (13%), ácido esteárico (1%) y pequeñas cantidades de ácido mirístico, araquídico y behénico [8].

La torta que resulta, de la extracción del aceite, se transforma en forraje destinado a la alimentación de ganado [6], la cual contiene aproximadamente 23.1% de proteína digerible [4].



Figura. 2. *Torta de semilla de Algodón [elaboración propia]*

En el Valle de Mexicali, la totalidad de la producción de semilla de algodón se vende a otros estados [5], desaprovechando una fuente valiosa de aceite vegetal que pudiera ser destinado principalmente a la alimentación humana. Es por ello que el objetivo del presente trabajo es hacer una propuesta para su aprovechamiento, que consiste en una extracción parcial de aceite vegetal y



en la elaboración de harinas proteicas. Se optó por una extracción parcial mediante un prensado mecánico, debido a que permite una mayor pureza del aceite extraído. Dado que en este proceso el aceite no es extraído completamente de la semilla, permite que la torta resultante cuente con suficiente contenido proteico para su utilización en la alimentación del ganado.

2. Desarrollo

Los datos, utilizados en este trabajo, referentes a las áreas cultivadas, se consultaron en el sistema de información estadística, disponible en el sitio web de la Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable (OEIDRUS) del estado de Baja California. En los cálculos efectuados para el desarrollo de este trabajo se consideró la cosecha de algodón del Valle de Mexicali del año 2011.

2.1 Obtención de aceite y harinas

Existen varios procesos para la obtención de aceite de la semilla de algodón como son: extracción mecánica a alta presión usando una prensa de tornillo, extracción por solventes específicos asociados con el uso de calor y/o agitación y maceración mezclada con agua, alcohol o grasa caliente. Otra alternativa, es la implementación del prensado seguido de la extracción por solventes [9]. En la Figura 3, se muestra el diagrama de procesos desde la cosecha hasta la obtención de los productos y subproductos del algodón.

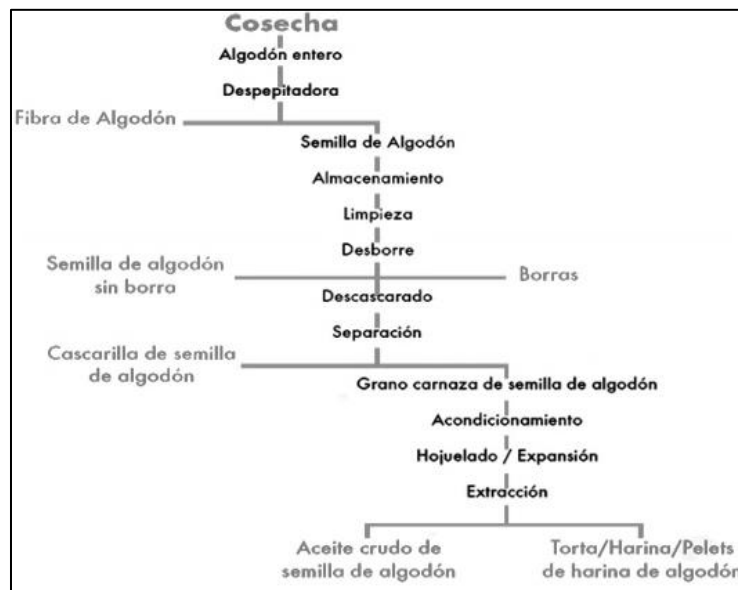


Figura. 3. Proceso de triturado de semilla de algodón [6]

2.2. Disponibilidad de algodón en México

En 2010, el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), reportó una producción de 440,489 t de algodón a nivel nacional, que corresponde a 242,000 t de semilla de algodón. En la Figura 4 se observan los estados productores de semilla de algodón en México.

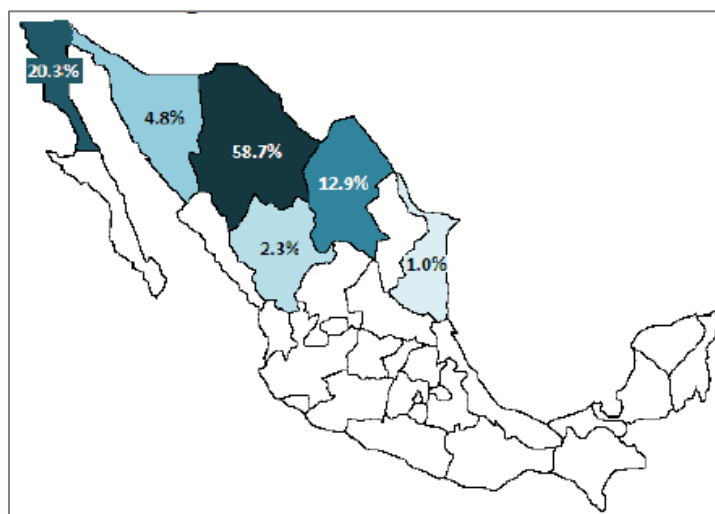


Figura. 4. Principales estados productores de semilla de algodón en México, 2010 [10]

Como puede observarse en la Figura 4, la mayor producción de algodón en México, se concentra en los estados que cuentan con condiciones de clima cálido, las cuales se mantienen con altas temperaturas durante más de 5 meses en el año. Tal es el caso de Chihuahua, que concentra la mayor producción del país, seguida de Baja California, Coahuila, Sonora, Durango y finalmente Tamaulipas [4], [10].

2.3. Disponibilidad de algodón en Baja California

En 2011, Baja California tuvo una superficie cosechada de 32,461 ha de planta de algodón, concentrado en su totalidad en el Valle de Mexicali, representando un 27% de la producción nacional y una generación de 143,594 t de algodón, con un rendimiento promedio de 4.42 t/ha [2].

2.4. Desarrollo experimental

La extracción parcial del aceite de la semilla de algodón se llevó a cabo mediante la utilización de una prensa tipo tornillo, que se ilustra en la Figura 5, marca Komet modelo CA59G, con capacidad de procesamiento de 1.5 kg/h y un rango de temperatura de operación de 25°C a 140°C. Este equipo permite la variación de rpm y presión, mediante la utilización de diversos tamaños de boquillas.



Figura. 5. Prensa utilizada en la extracción de aceite de semilla de algodón [elaboración propia]



3. Resultados

En la estimación de la cantidad de semilla, se consideró el porcentaje de rendimiento proporcionado por el glosario de términos agrícolas de OEIDRUS, en el cual se indica, que del 100% de producción de algodón, el 55% corresponde a la semilla. Se estima que, por tonelada de semilla de algodón, es posible obtener 45% de harinas [6] y entre 15 y 20% de aceite crudo de semilla de algodón [4]. Por lo tanto, al analizar la información estadística de producción del cultivo de algodón en el Valle de Mexicali, se obtuvieron los siguientes resultados (ver Tabla 1).

Tabla 1. Resultados obtenidos para el Valle de Mexicali

Cultivo	Superficie cosechada (ha)	Producción (t)	Semilla (t)	Harinas (t)	Aceite crudo (t)
Algodón Hueso	32,461	143,594	78,977	35,540	10,109

Con la finalidad de caracterizar la semilla del Valle de Mexicali, se efectuaron extracciones químicas preliminares, utilizando hexano y un equipo Soxhlet, donde se obtuvo, en promedio 24.5% de aceite por kg de semilla procesada. Asimismo, las extracciones efectuadas utilizando prensado mecánico, variaron entre 16 y 18% de aceite por kg de semilla. En ambos casos se utilizó semilla cosechada en el Valle de Mexicali (ver Figura 6).

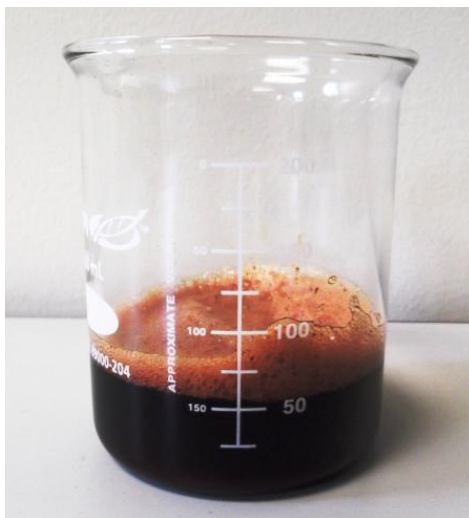


Figura. 6. Aceite crudo de algodón extraído por prensado mecánico [elaboración propia]

En 2010, el SIAP reportó un total de importaciones, a nivel nacional, de 8,400 t de aceite crudo de semilla de algodón para consumo industrial [11]. A partir del potencial estimado de la producción de aceite de algodón en el Valle Mexicali, sería factible satisfacer 1.2 veces esta cantidad importada.

En 2011, el precio de la semilla de algodón alcanzó los 160 dólares por tonelada, el aceite 1,196 dólares por tonelada y la harina 273 dólares por tonelada [10], valores que inducen a pensar que el aprovechamiento de los productos y subproductos del algodón, puede resultar económicamente favorable para los agricultores de la región.



4. Conclusiones

Baja California cuenta con materia prima disponible para el desarrollo de una industria de extracción de aceite de algodón. Esto representa una oportunidad de mercado para impulsar económicamente el desarrollo del campo y eliminar las importaciones de este aceite. La tecnología empleada para la extracción parcial de aceite es accesible, de fácil aplicación y contribuye a maximizar la cadena de suministro, al obtener un producto de valor agregado, sin descuidar el uso actual de la semilla.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México por la beca otorgada y al Instituto de Ingeniería por las facilidades brindadas para el desarrollo de este proyecto.

5. Referencias Bibliográficas

- [1] Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE), "Agricultura de Baja California", 2012 (28 de mayo de 2012), <http://www.cicese.mx/mexico/bc/agricultura.html>
- [2] Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable (OEIDRUS), consulta de series históricas agrícolas BC, 2012 (30 de mayo de 2012), <http://201.140.167.37/series/>
- [3] Umer R., Farroq A., Gerhard K., "Evaluation of biodiesel obtained from cottonseed oil", Fuel Processing Technology, Vol. 90, 2009, pp 1157.
- [4] Navarro R., Gutiérrez M., Alfonzo N., Piñango L., "Cultivo del algodón en las zonas de vega del río Orinoco y sus afluentes", Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, 2010, Publicaciones Divulgativas.
- [5] SAGARPA-INCA Rural, "Fortalecimiento de la competitividad algodонера del Valle de Mexicali", 2011, pp 23-26.
- [6] SAGARPA-SFA, "Monografía de cultivos: Algodón", 2011, pp. 6.
- [7] Universidad del Estado de Kansas, Estación Experimental Agrícola y Servicio Cooperativo de Extensión, "Composición y Valor Alimenticio de Productos de Semilla de Algodón para Ganado de Carne", 2002, pp 1-3.
- [8] Mehta P., Anand K., "Estimation of a lower heating value of vegetable oil and biodiesel fuel", Energy & Fuels, 23, 2009, pp. 3893-3898.
- [9] Morillo O., Fernández S., Hernández H., Castillo G., Marquina G., "Optimización de los parámetros de extracción de aceite de palma africana utilizando CO₂ supercrítico", Bioagro, Vol. 22 (2), 2010, pp 89-94.
- [10] Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Rectoral, Dirección Ejecutiva de Análisis Sectorial, "Monografía semilla de algodón", 2011.
- [11] SIAP, Balanza Nacional Disponibilidad-Consumo, 2012, (25 de junio de 2012), <http://www.siap.gob.mx/index.php/agricultura/balanza-nacional.html>



Determinación de la Influencia Estacional en la Generación de Residuos mediante Diseño de Experimentos

¹Paul A. Taboada-González, ¹Quetzalli Aguilar-Virgen, ²Sara Ojeda-Benitez

¹ Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, UABC. Calzada Universidad No. 14418 Parque Industrial Internacional Tijuana C.P. 22427. Tijuana, B.C. México email: taboadapa@gmail.com ²Instituto de Ingeniería, UABC

Resumen

Conocer el comportamiento de la generación per cápita de residuos sólidos ayuda a establecer mejores prácticas en la gestión de residuos, que incluye las áreas de recolección, transporte, presupuestos, programas de reciclaje y re-uso, tratamientos y disposición de residuos. De igual manera, permite identificar las necesidades futuras de recursos para un manejo sustentable de los residuos. El objetivo de este estudio fue identificar si existe una variación estacional en las tendencias de la generación de residuos y su comportamiento diario en la ciudad de Ensenada, Baja California, México. Los datos analizados corresponden a residuos provenientes directamente de los camiones recolectores municipales, de muestras representativas obtenidas durante una semana en las estaciones climáticas representativas. Para identificar si existe variación se empleó la técnica estadística de diseño de experimentos por Bloques Completos Aleatorizados (DBCA), apoyados en el programa estadístico MINITAB® 14.1 y considerando un intervalo de confianza del 95%. Se demostró que en general no existe diferencia significativa en las temporadas prevalecientes, así como entre los estratos socioeconómicos, por lo que la generación de residuos no fluctuara por esta variable. Los resultados indican que no es conveniente establecer conclusiones a priori. La técnica estadística empleada (DBCA) es adecuada para el objetivo planteado.

Palabras Clave: *Análisis estadístico, caracterización, generación de residuos, residuos sólidos, variación estacional*

1. Introducción

La generación de residuos se inicia cuando un consumidor decide que un producto se torna no deseable y/o sin utilidad para él. Este momento varía dependiendo del criterio de cada individuo, de las costumbres de la colectividad y de la disponibilidad de ciertos recursos. La adopción de un estilo de vida semejante al modelo de las sociedades industriales ha contribuido también al aumento en la generación de residuos [1-3].

La generación de residuos per-cápita no es generalizable. Esta no depende únicamente del número de habitantes de una población sino que es afectada por aspectos económicos, políticos y sociales, tales como ingreso per-cápita, cultura, hábitos de consumo, conciencia ecológica, nivel de desarrollo, entre otros. Así, se puede esperar que la generación per-cápita entre un país desarrollado y uno en vías de desarrollo difiera significativamente [4]. La composición de residuos generados también es variable de acuerdo al periodo estacional, estilos de vida de los generadores, demografía, zonas geográficas e impacto de la legislación. Esta variabilidad hace que la definición y medición de la composición de residuos sea más difícil y al mismo tiempo más esencial [5-6].

Por ello, el conocimiento de la generación y composición de los residuos es de gran utilidad ya que ayuda a establecer mejores prácticas en la gestión de residuos, en las áreas tales como recolección, transporte, presupuestos, programas de reciclaje y re-uso, tratamientos y disposición de residuos. De



igual manera, permite identificar las necesidades futuras de recursos para un manejo sustentable a los residuos.

Cabe mencionar que algunos Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD) manejados de forma apropiada se podrían reutilizar o convertir en insumos de algún otro proceso, utilizando así los residuos de forma sustentable. De esta manera, sería una menor cantidad de residuos los que llegarían a los sitios de disposición final. También es importante establecer que el manejo de los residuos debe hacerse con base en las características propias del lugar, no adoptar y basarse exclusivamente en las experiencias de otras localidades, ya que esto podría ocasionar que los programas de manejo de residuos no funcione, lo que desincentivaría a la sociedad y generaría pérdidas económicas por las campañas realizadas, mano de obra y equipo subutilizado.

Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue identificar si existe una variación estacional en la composición de los residuos y su comportamiento diario en la ciudad de Ensenada, Baja California, México. Esto para observar las posibles opciones para el manejo de los residuos dependiente si existe realmente variación estacional.

2. Materiales y Métodos

El estudio de caracterización se llevó a cabo en el relleno sanitario (RESA) de la ciudad de Ensenada. Los residuos analizados fueron los depositados en el relleno sanitario por los camiones recolectores municipales, que se caracterizan por estrato socioeconómico (bajo, medio y alto). Para elegir el camión recolector se indagó con los conductores de qué ruta (colonia) procedían los residuos recolectados; esto se realizó hasta obtener el primer camión de cada estrato socioeconómico por día, durante cinco días en las estaciones climatológicas representativas de la ciudad (invierno y verano).

Para la elección de colonias de cada estrato se tomó como referencia el Área Geoestadística Básica (AGEB's); ésta es la estratificación que maneja el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) en los Censos de Población y Vivienda del año 2000. El criterio considerado para establecer los estratos de las colonias fue los salarios mínimos devengados (SM, en el 2009 fue de aproximadamente US\$4.5 por día). Quedando como estrato bajo aquellas AGEB's en la que los ingresos eran de menos de uno y hasta dos SM. En estrato medio se consideró a las AGEB's con ingresos de más de dos y hasta cinco SM. En el caso del estrato alto se consideró a las AGEB's con ingresos de más de cinco SM. Se utilizó el software SCINCE del INEGI [7] para identificar a las AGEB's.

Ya elegido el camión recolector, se tomaron aproximadamente 90 kg por día de muestreo, por cada estrato socioeconómico y por camión, cantidad mayor a la propuesta en la norma mexicana NOM-015 [8], pero acorde a otras investigaciones [5],[9-10]. Se separaron y clasificaron los residuos de acuerdo al procedimiento modificado propuesto por Ojeda-Benítez et al. [11] y se agruparon en tres grandes categorías: 1) reciclables orgánicos, 2) reciclables inorgánicos, y 3) no reciclables (ver Tabla 1). Se pesaron y se registraron los valores obtenidos. Los pesajes se realizaron in situ con una balanza electrónica Torrey EQB_50/100 de 50 kg con sensibilidad de 10 gr.

Tabla 1. Categorías usadas para determinar la composición de los residuos

Categoría	Descripción
Reciclables orgánicos	
Residuos alimenticios	Cualquier tipo de residuos de alimentos
Papel y cartón	Revistas, periódicos, libros, materiales de embalaje, papel de oficina,



	cajas, cartón corrugado, otros
Textiles	Algodón, cortinas, nailon, ropa usada, retazos de tela
Otros orgánicos	Madera, cuero, residuos de jardinería
Reciclable	
Plástico ^a	PET, HDPE, LDPE, PP, entre otros
Vidrio	Vidrios claros, ámbar y verdes
Metales	Latas de los alimentos procesados y bebidas, materiales ferrosos y no ferrosos
Envases Tetra pak® ^a	Envases de bebidas y alimentos procesados
Aluminio	Latas de aluminio, otros tipos de aluminio
Otros inorgánicos	Loza y cerámica, materiales de construcción
No reciclable	
Residuos sanitarios	Pañal desechable de niño y adulto, toallas sanitarias
Residuos fino	Tierra de jardín, residuos finos que pasan el tamiz
Residuos electrónicos	Cualquier tipo de residuo electrónico doméstico
Varios	Residuos que no se ajustan a las categorías anteriores

^a La clasificación se realizó de acuerdo a su componente degradable

2.1. Análisis estadístico de los RSD

Se realizaron diseños de experimentos por Bloques Completos Aleatorizados (DBCA) en las principales fracciones de cada una de las categorías de residuos resultantes de la recolección de las muestras. Hay una observación por tratamiento en cada bloque, y el orden en que se corren los tratamientos dentro de cada bloque se determinó al azar. Los días de recolección se consideraron como los tratamientos y los estratos socioeconómicos los bloques. En un segundo experimento se cambió el tipo de bloque, siendo las temporadas climáticas prevalecientes (invierno y verano) los elementos a investigar. Esto para conocer con mayor certidumbre si realmente existe diferencia significativa entre los estratos socioeconómicos, así como si existe variación estacional en la generación de residuos. Para el análisis se utilizó el programa estadístico MINITAB® 14.1 con un intervalo de confianza del 95%.

El modelo estadístico del DBCA puede escribirse como lo muestra la ecuación 1

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, a \text{ y } j = 1, 2, \dots, b \quad (1)$$

donde μ es la media global, τ_i es el efecto del tratamiento i -ésimo, β_j es el efecto del bloque j -ésimo y ε_{ij} es el término del error.

3. Resultados y Discusión

Se pesaron en total 2,510.82 kg, de los cuales 850.35 kg eran del estrato bajo, 844.69 kg del estrato medio y 815.78 kg del estrato alto. En la Tabla 2 se muestra que en promedio anual los residuos de comida, y de papel y cartón son los más altos de los reciclables orgánicos, siendo el 36.64% y el 21.99% respectivamente. De igual manera, se expone que dentro de los reciclables el residuo que presenta una mayor proporción es el plástico con 12.36%. Es importante marcar que los plásticos han sido reportados como residuos orgánicos con una



composición de 16.85% [5] y otros lo reportan como residuos inorgánicos con una composición del 17.4% [12]; por lo que se puede clasificar de acuerdo a su grado de degradabilidad o a su origen. En el caso de los residuos no reciclables, los residuos sanitarios resaltan con un 5.75%. La composición de los residuos por estrato socioeconómico se comporta de forma muy similar; las proporción de reciclables orgánicos y reciclables oscilan de 90.03% a 92.09%.

Tabla 2. Composición promedio anual de los RSD por porcentajes (%)

Categoría	Promedio	Bajo	Medio	Alto
Reciclables orgánicos				
Residuos alimenticios	36.64	34.34	36.29	39.30
Papel y cartón	21.99	22.76	21.33	21.89
Textiles	6.16	9.51	5.88	3.10
Otros orgánicos	3.72	2.99	4.98	3.18
Reciclables				
Plástico ^a	12.36	12.28	12.20	12.59
Vidrio	4.58	3.53	4.31	5.89
Metales	2.06	1.92	1.89	2.37
Envases Tetra pak® ^a	0.54	0.40	0.44	0.78
Aluminio	0.46	0.28	0.48	0.63
Otros inorgánicos	2.25	2.15	2.23	2.37
No reciclable				
Residuos sanitarios	5.75	5.58	7.08	4.57
Residuos fino	1.6	1.43	1.48	1.91
Residuos electrónicos	0.44	0.48	0.54	0.29
Varios	1.45	2.35	0.88	1.13

3.1. Análisis estadístico de los RSD

Los resultados de los diseños de experimentos realizados comparando los estratos socioeconómicos y la variación estacional se muestran en la Tabla 3. En ella se puede apreciar los componentes principales de cada una de las categorías expuestas.

Tabla 3. Resultados del Diseño de Experimentos por DBCA con el estadístico de prueba F-Fisher

Categoría	Primer diseño de experimento		Segundo diseño de experimento	
	Tratamiento (Días)	Bloque (Estrato)	Tratamiento (Días)	Bloque (Clima)
Residuos alimenticios	2.38	2.37	2.76	0.00
Papel y cartón	2.49	0.90	1.18	3.61
Plástico	2.03	0.78	1.17	3.55



Vidrio	0.37	4.88	0.16	0.95
Residuos sanitarios	0.66	1.88	0.98	17.43

Se observa que no existe diferencia significativa en las categorías principales en cuanto al día que se elige tomar la muestra, por lo que el comportamiento diario en la composición de los residuos tiende a ser similar. Respecto a los bloques en el primer diseño de experimentos, existe diferencia significativa entre los estratos de los residuos catalogados como vidrio, por lo que formación de bloques de este factor fue una buena elección. No hay evidencia sólida de una diferencia entre los estratos socioeconómicos de las demás categorías de los residuos, por lo que al parecer en este experimento particular hubo una preocupación innecesaria en esta fuente de variabilidad.

En cuanto al segundo diseño de experimentos, se aprecia que la formación de bloques en los residuos sanitarios fue la mejor elección ya que la generación entre las diferentes estaciones climáticas prevalecientes marca una diferencia. Se tendría que hacer estudios a detalle para determinar qué temporada es la que más genera. Respecto a las otras categorías de residuos se tiene que no es necesario establecer bloques por temporada, ya que no es una fuente de variabilidad.

3. Conclusiones y Recomendaciones

Los principales componentes generados en Ensenada son los residuos de comida, papel y cartón y plásticos. El 90.76% del total de los residuos que se disponen en el RESA tienen potencial de reciclaje, de los cuales el 68.51% son orgánicos y el 22.25% son inorgánicos.

Se pudo apreciar que no se puede juzgar a priori una diferencia en la composición de residuos entre temporadas o estratos. Se requieren hacer análisis estadísticos para verificar si existen cambios en la composición. En este estudio se demostró que en general no existe diferencia significativa en las dos temporadas prevalecientes en la ciudad, así como entre los estratos socioeconómicos, por lo que el tratamiento que se les de a los residuos puede ser el mismo en cualquier temporada.

El conocer la generación y composición de los residuos sólidos domésticos otorga la oportunidad de realizar una gestión sustentable. De esta forma, se puede dar tratamiento a los residuos con base en las características propias del lugar. Por su parte, los pepenadores, las comercializadoras de productos secundarios y las autoridades municipales pueden desarrollar estrategias para la cooperación y el beneficio de cada parte.

Un aspecto de gran relevancia sería concientizar a la población sobre la cantidad de residuos generados durante la compra, uso y desecho de productos. Se les puede invitar a reutilizar o reciclar ciertos materiales y consumir productos y servicios que generen un menor impacto ambiental, tales como productos con menor cantidad de empaques y embalajes, elaborados con materiales reciclados, entre otras. Con estas prácticas se estaría limitando el flujo de residuos hacia los sitios de disposición final y se estaría enviando un mensaje a los fabricantes de productos y prestadores de servicios para que modifiquen sus estrategias y manejo de materiales y productos. De tal forma que se estaría modificando la conducta gradualmente hacia un comportamiento pro-ambiental.

Referencias Bibliográficas

- [1] Buenrostro, O., y Bocco, G. "Solid waste management in municipalities in Mexico: goals and perspectives". *Resources, Conservation and Recycling*. Vol. 39(3). 2003. Pp. 251-263.
- [2] SEMARNAT, "Guía para la gestión integral de los residuos sólidos municipales". 2001. (23/Sep/08). http://www.ine.gob.mx/publicaciones/descarga.html?cv_pub=344&tipo_file=pdf&filename=344



- [3] Shah, K.L., *Basics of Solid and Hazardous Waste Management Technology*, Prentice Hall, 2000.
- [4] Taboada, P., Armijo, C., Aguilar, Q., Ojeda, S., y Aguilar, X., “Métodos para la determinación de generación de residuos en comunidades rurales”. En *II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos*. REDISA, Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia, 24-25 de Septiembre de 2009, pp. 1-77. 2009.
- [5] Gidarakos, E., Havas, G. y Ntzamilis, P. “Municipal solid waste composition determination supporting the integrated solid waste management system in the island of Crete”. *Waste Management*, Vol. 26(6). 2006. Pp. 668-679.
- [6] Ojeda Benítez, S., “El consumo como fuente de generación de basura y contaminación”. En: *Contaminación y medio ambiente en Baja California*. 2006. Universidad Autónoma de Baja California y Miguel Ángel Porrúa, librero-editor, México, págs. 227-249.
- [7] SCINCE (2000). Sistema para la Consulta de Información Censal. SCINCE por colonias (SCINCE by neighborhoods, 2000). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- [8] NMX-AA-015-1985, Norma Mexicana NMX-AA-015-1985, México: Secretaria de Comercio y Fomento Industrial. “Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales-Muestreo-Método de Cuarteo”. 1985. (13/Oct/08). <http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/Normas%20Mexicanas%20vigentes/NMX-AA-015-1985.pdf>
- [9] Tchobanoglous, G., Theisen, H., y Vigil, S., *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. McGraw-Hill, Madrid, España, 1994.
- [10] Zeng, Y., Trauth, K.M., Peyton, R.L. y Banerji, S.K., “Characterization of solid waste disposed at Columbia Sanitary Landfill in Missouri”, *Waste Management Research*, Vol. 23(1). 2005. pp. 62-71.
- [11] Ojeda-Benítez, S., Armijo-de Vega, C., y Ramírez-Barreto, M.E., “Characterization and quantification of household solid wastes in a Mexican city”. *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 39(3). 2003. pp. 211-222.
- [12] Ojeda-Benítez, S., Armijo de Vega, C., y Ramírez-Barreto, M.E., “The potential for recycling household waste: a case study from Mexicali, Mexico”. *Environment and Urbanization*, Vol. 12(2). 2000. pp. 163-173.

MESA 2: GESTIÓN Y POLÍTICA AMBIENTAL

- Percepción sobre la implementación del proyecto de separación de los residuos sólidos en el edificio "A" de Rectoría de la Universidad Veracruzana, Xalapa.
- Gestión para el manejo de los residuos sólidos en el municipio y primarias de Banderilla, Ver.
- Análisis de ciclo de vida de escenarios de manejo de residuos sólidos. Caso: Residuos comerciales de la ciudad de Mexicali.
- Diagnóstico de la percepción de los Secretarios Académicos para implementar el manejo de residuos sólidos en facultades de la Universidad Veracruzana
- Las asociaciones intermunicipales para la gestión de los residuos. El caso de Jalisco
- La información y la participación de los estudiantes en el manejo de residuos sólidos Universitarios (RSU) En la Facultad de Pedagogía, Región Poza Rica-Tuxpan
- Planes de manejo de residuos de generadores de alto volumen: El caso de la central de abasto del Distrito Federal, México.
- Gestión Integral de los RSU en la Universidad Autónoma de Nayarit
- Una experiencia de separación de residuos en el Área de Humanidades-Pedagogía, Poza Rica. Ver
- Disposición de residuos sólidos, en las zonas metropolitanas del estado de Veracruz. 2000-2010

5° Encuentro Nacional de Expertos en Residuos sólidos

“Transformando residuos, construyendo sustentabilidad”

XALAPA, VERACRUZ 2012



Percepción sobre la implementación del proyecto de separación de los residuos sólidos en el edificio “A” de rectoría de la Universidad Veracruzana, Xalapa

Montserrat Granados Cabrera, Leticia Garibay Pardo, Erika Y. Cruz Aburto. Héctor V. Narave Flores, Ma. de los Ángeles Chamorro Zárate y Yadeneyro de la Cruz Elizondo.

Facultad de Biología-Xalapa. Universidad Veracruzana. Circuito Aguirre Beltrán Xalapa, Ver.
ercruz@uv.mx

Resumen

La Universidad Veracruzana, inscrita en COMPLEXUS, firmó la carta compromiso por la tierra y contempla en su Plan General de Desarrollo, acciones de sustentabilidad como uno de sus ejes rectores y habiendo firmado. Considerando que en el campus Xalapa se generan de tres a cinco toneladas diarias de basura; implementó un proyecto de separación de residuos sólidos en cinco contenedores de colores, conforme al tipo de residuo, en el edificio “A” de rectoría; en el que laboran 245 personas agrupadas en 21 departamentos. Oficina del Rector, Secretario Académico, las áreas de conocimiento, Abogado General, etc. Además es el edificio, más visitado por personas, de la universidad y externos; de la localidad, estatal, nacional e internacional. Conjuntamente con la colocación de los juegos de contenedores, se impartieron 17 pláticas a todo el personal sobre la importancia de la separación y la forma de llevarla a cabo. Hubo un aparente interés y entusiasmo en el proyecto. A seis meses de su implementación, se aplicó una encuesta de la percepción del proyecto que prácticamente era ya inexistente, junto con la cuantificación de basura semanal en los separadores que quedaban. Los resultados mostraron, altos niveles de contradicción entre las respuestas, desinterés de las autoridades, falta de comunicación, compromiso y coordinación para este tipo de acciones entre los diferentes tipos de personal, exceso de consumo de desechables generadores de basura, etc. De este estudio de percepción ambiental, surgen propuestas para posteriores intentos de implementación de la separación de la basura en los diferentes espacios universitarios actividad; que es urgente.

Palabras clave: *Administración universitaria, generación de residuos, manejo y separación.*

1. Introducción

Hay una tendencia mayor a preocuparse por el ambiente, por muchos factores, algunos de tipo informativo como los anuncios en radio y televisión o películas que predicen el futuro y/o evidencian cómo será el planeta en los próximos años. Motivos de preocupación son el cambio climático, las inundaciones, los incendios, etc. Sin embargo, aunque para muchos esto es bien conocido y pareciera que nos afectara; existe una fuerte resistencia al cambio de actitudes y a la aplicación de medidas que desemboquen en un actuar ambientalmente responsable.

Esa resistencia obedece a que implica ser más reflexivos con nuestros actos y en el caso de los residuos sólidos ser conscientes de que cada uno de nosotros estamos generando al día entre 800 gr y un kilo de basura.



Como seres humanos tenemos la capacidad de ser resilientes, es decir, asumir con flexibilidad situaciones límite y sobreponerse a ellas, pues en la actualidad vivimos en una situación que si no está al límite, pronto lo estará (refiriéndose al límite, como el punto donde no podremos dar marcha atrás) y tenemos la responsabilidad como habitantes de este, nuestro planeta; evitar llegar a este escenario que parece inminente.

Sin duda, la problemática ambiental que ocasionan los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) es cada vez más grave. Por la toxicidad que ocasionan afectan los recursos naturales en su composición y a los organismos vivos en general [1].

Las actividades humanas son susceptibles de producir todo tipo de residuos, que tienen sus orígenes en el consumismo, en la cultura de usar y tirar por lo que cuando generamos pequeñas o grandes cantidades de basura es una prioridad deshacernos de ellos sin importar cual sea su disposición final [2].

Este tema no es ajeno para los directivos de las diferentes facultades de la Universidad Veracruzana, quienes a pesar del conocimiento que se tiene sobre el tema; alrededor del 70% de las facultades no llevan a cabo proyectos de manejo de RSU; tema importante porque somos una Universidad inscrita en COMPLEXUS y acciones tan elementales como la separación; ya se deberían estar llevando a cabo [3].

Analizando la implementación del proyecto piloto para el manejo y separación de residuos sólidos en el edificio “A” de rectoría, y con el fin de evaluar el avance y respuesta a seis meses de la colocación de contenedores separadores y pláticas realizadas, se ha decidido llevar a cabo un diagnóstico; ya que se ha observado una resistencia a esta práctica. Pretendiendo sentar las bases para futuras implementaciones de proyectos de esta naturaleza, relacionados con la sustentabilidad; mismas que se sumen a otras muchas acciones que emprenden en la universidad a través de la CoSustenta UV (Coordinación de Sustentabilidad de la UV).

2. Desarrollo

En el mes de julio del 2010 se implementó en el edificio “A” de rectoría el proyecto de Separación de Residuos Sólidos, el que consistió en la instalación de juegos de cinco contenedores separadores de colores, conforme al Código Internacional (orgánica, papel, vidrio y metal, plástico y no reciclable).

Aunado a esto se impartieron pláticas de sensibilización a 263 personas, (casi el total de personal) que laboraba en ese momento en el edificio de cada una de las 14 dependencias de la administración central.

Para el análisis de la percepción del proyecto de separación a seis meses de su implementación, se elaboró una encuesta incluyendo aspectos relacionados con el funcionamiento del proyecto, la apariencia, tamaño y ubicación de los contenedores con respecto a su área de trabajo, la disposición a aceptar el proyecto, como califican la información dada en las pláticas de sensibilización, los posibles conflictos.

La encuesta se analizó en el grupo que integra la Sub-coordinación de Protección Ambiental de la CoSustenta UV (de reciente formación), Área de Humanidades y grupo RESU de la Facultad de Biología-Xalapa y se hizo el tiraje para la aplicación. Para ello se envió un oficio a cada jefe de departamento del edificio “A” de rectoría; para informarles sobre su aplicación y él, nombró un responsable. Las encuestas se entregaron personalmente a los encargados nombrados por los jefes de departamentos y posteriormente se recuperaron para su análisis. Se encuestó al número total de empleados que laboraban en ese momento en el edificio.



Posteriormente se llevó a cabo, la captura de los resultados en una base de datos para su proceso; se capturó en Access se analizó en Excel, se obtuvieron las graficas y se procedió al análisis.

3. Resultados.

Sobre el género de los encuestados, el 36% son del sexo masculino y 61% sexo femenino y el 3% no respondió. Mayormente del sexo femenino, pensando en un programa más enfocado a las mujeres. La edad de los encuestados es: 17% es menor de 30 años, 49% se encuentra entre los 31 y 50 años, el 27% es mayor a 51 años y el 7% no respondió; el 66 % están entre menos de 30 y 50 años, pertenecientes a sólo dos generaciones y quizás más compenetrados en los cambios de actitudes hacia su comportamiento ambiental.

De un total de 245 encuestados, 146 personas aseguraron separar los residuos en su casa contra los 94 que dicen no separarla. Esto nos hace pensar que existe un cierto convencimiento por la separación de los residuos sólidos en la mayoría de los empleados del edificio “A” de rectoría, sólo que en su sitio de trabajo no lo hacen.

Sobre la aceptación en la separación de residuos sólidos dentro de la oficina, el 97% muestran interés, sólo el 1% respondieron negativamente o que les daba igual. Esto nos da la pauta de que si hay posibilidades de implementación de este proyecto de separación de residuos, sin embargo en algunas de las respuestas son contradictorias.

Respecto a la ubicación de los contenedores, 208 personas aseguraron tenerlos cerca de su lugar de trabajo y 37 personas lo consideraron lejos. Es decir, los que sí; los tienen visibles y cerca, lo que es, hasta una invitación a separar los residuos.

Respecto a la información que se les brindó al inicio de la implementación del proyecto el 2% dijo ser demasiada, el 58% poca, el 34% suficiente y el 6% no respondió. Situación preocupante ya que durante las pláticas de sensibilización, no hubo mayores preguntas y todos aparentemente se fueron muy entusiasmados y convencidos del proyecto.

Sobre la clasificación de los botes: el 31% dijo ser compleja, el 51% adecuada, el 12% insuficiente, el 4% no sabe y el 2% no respondió. Sin embargo en las respuestas sobre las etiquetas explicativas y los colores, un 73% las consideró adecuadas. Y sobre las etiquetas explicativas de los botes: el 73% la consideró adecuada, el 22% inadecuada, al 4% le da igual y el 1% no respondió.

Respecto al tamaño de los contenedores el 13% dijo ser muy grandes, el 61% adecuado, el 22% muy pequeño y el 4% no respondió. Respuesta que nos invita a pensar que el tamaño es correcto pues rebasa a la mitad y si sumamos a los que considera son grandes y en ocasiones los hemos visto colmados podemos pensar que el tamaño no es problema.

Los aspectos que se cree, dificultan la separación de los RSU en Rectoría, el 41%, opinó que el número, tamaño o ubicación de los botes es adecuado; el 33%, consideró que hay falta de información sobre la forma de hacerlo; el 21%, indicaron que no hay información sobre los posibles beneficios y el 5%, determinó que demanda mucho tiempo. Estas respuestas nos sugieren indulgencia respecto al proyecto. Ya que unos están informados pero el tamaño es incorrecto, aunque en otra pregunta un 60 % opina el tamaño es correcto y un 85% mencionó que están bien colocados y cerca de sus áreas de trabajo y sobre la participación del personal de cada dependencia en el proyecto: el 32% dijo que está interesada y activa, el 30% está interesada pero no activa, el 24% desinteresada; el 12% aseguran no saber; un 2% no respondió.

Se le invitó al personal a deshacerse del bote personal en su escritorio y sólo utilizar los contenedores para separar los residuos y se obtuvo lo siguiente: el 65% dijo estar dispuesto a hacerlo, el 23% no está de acuerdo en hacerlo, al 6% le da igual y sólo una persona dijo oponerse.



La encuesta de percepción tuvo un apartado en blanco donde se les pedía escribir un comentario o sugerencia sobre el proyecto, siendo los más relevantes:

- No se le ha dado el seguimiento adecuado.
- No se les informó del proyecto (Dirección de proyectos, construcciones y mantenimiento).
- Problemas e inconformidades con el SETSUV.
- Muchos botes (clasificación).
- Se sugiere que se asigne a una persona responsable en cada dependencia.
- Proponen que se designe a un asesor en los botes de forma permanente.
- Mal aspecto, feos, ubicación, tamaño, etiquetas no visibles.
- Reforzar la sensibilización.
- Que se lleve a cabo una recolección constante.
- Capacitación a los empleados del SETSUV.

La percepción de los empleados del edificio “A” de Rectoría con respecto al proyecto de manejo de residuos sólidos y que se evidenció en el análisis de las encuestas y el diagnóstico, es contradictoria; aseveraciones que al compararse tienen cierto grado de confusión. Por ejemplo: revelan en un 60% que separan los residuos en su hogar; algo incongruente si se toma en cuenta que en el resultado del diagnóstico acá en rectoría; los residuos no están separados de la forma correcta, solamente en un 10 %. Esto aunado a que un 97% respondió estar de acuerdo con la separación dentro del área de trabajo; sin embargo no lo hacen.

Su percepción de acuerdo a la colocación de igual forma es contradictoria; el 85% aseguró que la ubicación de los contenedores era adecuada y se encontraban cerca de su lugar de trabajo, un 61% afirmó que el tamaño era adecuado, 51% asegura que la clasificación es la adecuada; contra un 41% que asegura que una de las cosas que dificultan la correcta ejecución del proyecto, es el número, tamaño o ubicación de los botes, lo que no es congruente. *Hubo quienes manifestaron que debería de haber una persona encargada de indicarle al usuario como desechar su residuo.*

Consideran que la participación de sus compañeros es interesada y activa en un 32% e interesada pero no activa en un 30%; esto nos hace pensar que están muy conscientes de su falta de actitudes responsables con el ambiente.

4. Conclusiones.

Después de realizar el diagnóstico en el edificio “A” de rectoría, se puede concluir que muy a pesar de la sensibilización que se brindó, conjuntamente con la implementación del proyecto de separación de residuos sólidos y no obstante la aparente aceptación, entusiasmo y asimilación del proyecto; cuando se les impartieron las pláticas; el personal del edificio no coloca de manera correcta los residuos en el contenedor correspondiente, argumentando todas las razones señaladas en los resultados de las encuestas.

Existe una aparente apatía posterior a la plática de sensibilización que se les dio y a tener un cambio de actitud; las personas compran su bebida y/o comida y no les interesa la forma como van eliminar sus residuos que producen, ni todas las posibles repercusiones que su actuar genera, no obstante de que se supone son universitarios con estudios de licenciatura la mayoría, saben que están en el edificio central de rectoría y de toda la Universidad, etc. Y son ejemplo por ser el edificio al que mas acuden personas; tanto de la universidad como externos, de otras universidades y hasta de otros estados y países.



Por citar un ejemplo, las botellas de refresco (PET) las desechan con líquido en el interior, la mayoría de los residuos generados los depositan en el bote de no reciclables lo que nos hace pensar, que lo hacen por la facilidad de no separarlos adecuadamente. Tampoco vemos que haya un cambio de actitud en la disminución o en los hábitos ya instituidos de comer en unícel y utilizando tanto desechable.

Aunque es importante analizar por qué en su espacio de trabajo, no separan cuando en la encuesta comentan en un 60% que en sus casas si lo hacen. En este sentido hacemos alusión al término de resiliencia descrito por la Real Academia Española en 2010, de sobreponerse a situaciones límite. No obstante también, que aun siendo adultos y con pleno conocimiento de las problemáticas ambientales existe una resistencia al cambio.

También se denota una especie de indolencia e indulgencia hacia los colores y etiquetas que invitan a la separación, por ejemplo asocian el color blanco del contenedor de vidrio y metal con el papel, aunque las etiquetas contengan imágenes relacionadas con el tipo de residuo que se trate.

Esto nos lleva a pensar si realmente a todo el personal, les preocupa el problema que nosotros percibimos sobre el mal manejo que hacemos de la eliminación de nuestros residuos. Y aunque se les ofrezca un programa de separación; vemos por los resultados que no les interesa, y exponen una serie de posibilidades de ineficiencia del programa como especie de excusas para no sumarse a la invitación a la separación y mucho menos se ve la posibilidad de compromiso de alguien de organizar la práctica en cada uno de sus departamentos.

Es fundamental que se sume, el Director de Servicios y Mantenimiento con el personal del Sindicato de trabajadores (SETSUV), siendo ellos actores fundamentales en el proceso y a quien todos los demás compañeros señalan como los ejecutores más importantes según lo revelaron las encuestas.

Aspecto importante a considerar es manejarles que la venta de los residuos además de producir una mínima ganancia, les ahorra trabajo, vueltas al relleno sanitario, disminuye los volúmenes pues se ordena y acomoda de una mejor manera, todo lo generado; aunado al hecho de que como edificio central son un gran ejemplo para el resto de la comunidad de rectoría y de toda la Universidad Veracruzana. En ese sentido ya debe de existir un centro de acopio temporal, mismo que se ha solicitado desde hace tres años.

Se debe de trabajar tanto con el Fondo de Empresas así como con la Fundación de la UV, sobre la concesión de los espacios de venta de alimentos dándoselas a quienes presenten las mejores propuestas de ahorro de desechables, alimentos sanos, libres de sustancias tóxicas al ser calentados en microondas como los que expenden en Unícel e incluso los que utilicen desechables que estos sean biodegradables.

Dada la costumbre tan arraigada de consumo de alimentos del personal en diversas áreas de la Rectoría, es momento de ordenarlos completamente y reglamentar que la generación de residuos sea separada, con responsabilidad y por ejemplo tantos residuos orgánicos que se generan, por la venta de jugos y frutas frescas entre otros, se canalicen a una composta universitaria.

Por el intercambio de ideas cuando se dio la sensibilización estamos seguros que las personas involucradas están en el entendido del gran problema a la que nos estamos enfrentando y sí seremos capaces de adoptar actitudes ambientalmente responsables y comprometernos en nuestras acciones diarias para crear un verdadero cambio y en ese sentido, pensamos que como la gran mayoría de nuestros compatriotas en México, tienen la idea, lo saben pero no quieren cambiar sus malos hábitos, es cuestión de pensar, de querer, pero sobre todo de actuar y quizás las propias faltas de reglamentaciones en el tema, han contribuido a ello; a dejarlo todo en el discurso y no trascender a las acciones.



Casi no existen en la universidad actividades concretas; no obstante de mencionarse en el Plan General de Desarrollo 2025, de generar una cultura de sustentabilidad, estamos instalados mas en el discurso que en implementar acciones contundentes, de cambio de actitud hacia nuevas formas de conducirnos más amigablemente y con responsabilidad hacia el ambiente, iniciándose así una verdadera cultura hacia la sustentabilidad.

Se recomienda por lo tanto para la re-implementación del proyecto en el edificio “A” de Rectoría, como para la posterior proyección a otros edificios de la Universidad Veracruzana; se trabaje más en la sensibilización de todo el personal del edificio y capacitación al personal de SETSUV (integrando activamente a los empleados de base, ya que son pieza clave en la separación de residuos) y que del personal de cada departamento surja, uno o más responsables del proyecto en cada área del edificio, para la coordinación y cuidado dentro de su espacio, pero sobre todo que estén convencidos de la necesidad de realizar prácticas de esta naturaleza y se conviertan en un continuo.

Dotar de garrafones de agua para beber de alguna empresa confiable y con supervisión constante a los surtidores. Acción a corto plazo y a largo plazo instalar bebederos y con esto, evitar la compra de botellas de agua.

Igualmente se debe de propiciar un espacio como centro de acopio temporal dentro de las mismas instalaciones para ahí concentrar los residuos para su posterior venta y lograr manejar una composta con los residuos orgánicos generados, trabajando con el personal de jardinería.

Reglamentar los horarios y espacios de comida de los trabajadores en general, aunado a la sensibilización con las personas de Fondo de Empresas y Fundación UV, que apoyen al dar en concesión los espacios de venta de comida a quienes presenten la mejor propuesta de salud alimentaria con mínimo uso de desechables y generación de residuos. Por ejemplo que quien lleve su recipiente reciban algún descuento.

5. Referencias Bibliográficas

- [1] Capistrán F., E. Aranda, y J. Romero. 2004. Manual de reciclaje, compostaje y lombricompostaje, Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Ver., México. 150 pp.
- [2] De los Santos, C. E., 2009. Cuantificación y clasificación de RSU generados en las facultades de Biología y Ciencias Agrícolas zona Xalapa. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. 64 pp.
- [3] Ostos, M. 2011. “Diagnóstico de la percepción de los Secretarios Académicos para implementar el manejo de residuos sólidos en facultades de la Universidad Veracruzana”. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. 89 pp.



Gestión para el manejo de los residuos sólidos en el municipio y primarias de Banderilla, Ver.

Armando Gómez Hernández, Benigno A. Domínguez Barradas, Leticia Garibay Pardo,
Héctor V. Narave Flores y Ma.de los Ángeles Chamorro Zárate.

Facultad de Biología-Xalapa. Universidad Veracruzana. Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán Xalapa, Ver.
armandgahaz_20@hotmail.com

Resumen

Desde la Dirección de Ecología Municipal de Banderilla, 2007- 2010, se realizó un acuerdo con la Facultad de Biología-Xalapa de la Universidad Veracruzana, para su participación en la elaboración del Programa de Educación Ambiental Municipal así como la implementación de talleres de separación y correcto manejo de residuos sólidos en cinco escuelas primarias. Se trabajó en dos niveles de primero a tercero y de cuarto a sexto y con la Facultad de Ingeniería Ambiental, se gestionó la realización de la caracterización de los residuos. Con los alumnos de la Especialidad en Diagnóstico y Gestión Ambiental, se llevó a cabo un reglamento de manejo y disposición de residuos en el municipio. Se obtuvieron cuatro tesis y el reglamento municipal y con la cuantificación de los residuos se sentó las bases para planear un ordenamiento en la recolección de la basura del municipio y al llevarlo a las escuelas se logró la participación de alumnos, maestros e intendentes. Desafortunadamente al cambio de la administración municipal se desvaneció esta práctica y el programa aun está pendiente para su aprobación en la nueva administración. Actualmente se está trabajando de nuevo desde la dirección de Fomento Agropecuario, dándole énfasis a la recuperación de la materia orgánica para su transformación, tratando de nuevo involucrar a las escuelas y la sociedad en general para la separación y correcto manejo de sus residuos adoptando una nueva cultura ambiental. Esperando que esta propuesta quede aprobada y forme parte de la reglamentación actual y de las futuras administraciones.

Palabras clave: *Cultura ambiental, Educación Ambiental, implementación, percepción.*

1. Introducción

El municipio de Banderilla, Veracruz, está ubicado entre los paralelos 19° 34' y 19° 38' de latitud norte y los meridianos 96° 54' de longitud oeste; su altitud entre 1,300 y a 1,700 metros y su vegetación original es de bosque mesófilo de montaña.

Colinda al norte y al este con los municipios de Jilotepec y Xalapa; al sur con los municipios de Xalapa y Tlalnelhuayocan; al oeste con los municipios de Tlalnelhuayocan, Rafael Lucio y Jilotepec, Figura 1, [1]. En cuanto a su superficie, ésta representa el 0.03% de la extensión total del estado y cuenta con sólo dos localidades.

De acuerdo con la información censal 2007, los ejidos y comunidades de Banderilla cubren una superficie total no parcelada de 560 hectáreas. De éstas, 360 son de uso común y 200 para asentamientos humanos. La superficie del municipio representa el 0.03% de la extensión total del estado (32 k²), dividido en dos localidades, tiene una población total de 20,706 habitantes divididos en 10,015 hombres y 10,691 mujeres; ocupa el 91° lugar a nivel estatal, lo que representa 0.28% del total estatal [2]



La cabecera municipal, recibe el nombre del municipio y está conurbada con la ciudad de Xalapa, que ha crecido rápidamente en los últimos años, provocando el desplazamiento de sus habitantes hacia localidades cercanas en las que los habitantes, obtengan una mejor calidad de vida.

Y este es el caso de Banderilla, sin embargo en esta migración se concatenan, formas de consumismo y costumbres que incrementan la generación de basura, entre otros problemas relacionados con la rápida expansión urbana.

La dirección de Ecología Municipal, es un departamento del H. Ayuntamiento que surge durante el trienio 2007-2010, a partir de las necesidades del municipio, en cuanto a las problemáticas ambientales generadas principalmente por lo anteriormente mencionado de la conurbación con la capital del estado. Y al inicio de la administración el presidente municipal, impulsado por la participación y demandas sociales aunado a las problemáticas, propone al cabildo la creación de esta dirección.

Entre los puntos más señalados por los habitantes se le demanda con urgencia al Ayuntamiento a tomar medidas en cuanto al manejo de la basura; tras la aprobación del cabildo se conformó la dependencia bajo la estructura de *un director*, sin personal de colaboración y fue él, el único que se responsabilizó de la planeación y estrategias ambientales municipales.

Entre las acciones inmediatas, la dirección se abocó a acercarse a la Universidad Veracruzana, específicamente, con el departamento de Vinculación Universitaria, las facultades de Ingeniería Ambiental, Pedagogía y Biología, conformando equipos de trabajo conjunto con los ya existentes en las distintas facultades.

Posteriormente, se diseñó la programación de trabajos que impactarían directamente en el municipio: Educación Ambiental (informal), con la facultad de Biología, la planeación de talleres de separación de residuos en escuelas primarias, con el departamento de Vinculación y la facultad de Pedagogía, el método adecuado para la caracterización de Residuos Sólidos Urbanos con la facultad de Ingeniería Ambiental y la estructuración de un reglamento de manejo y disposición de residuos con los alumnos de la Especialidad en Diagnóstico y Gestión Ambiental, todas pertenecientes a la UV.

Durante el trienio, cada equipo desarrolló sus distintos programas, en coordinación con la Dirección de Ecología y Medioambiente, así como las distintas dependencias involucradas en los problemas ambientales, particularmente en la generación, manejo y disposición de los Residuos Sólidos Urbanos.

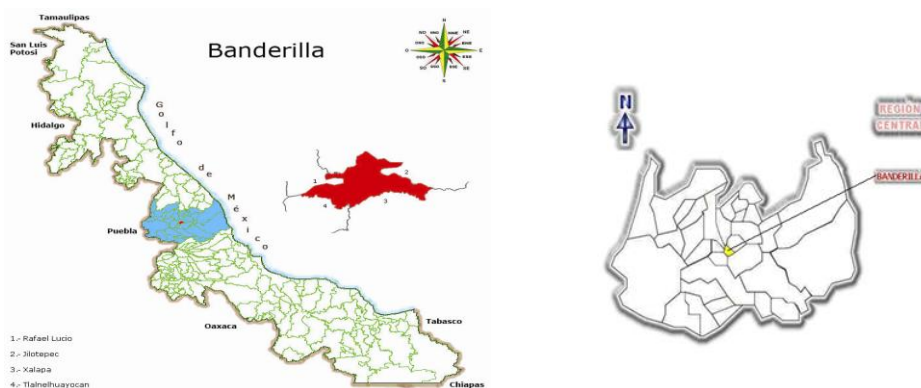


Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Banderilla. Fuente Plan Municipal de Desarrollo 2011-2013 Banderilla, Ver.



2. Desarrollo

La experiencia de trabajo de la Dirección de Ecología y Medioambiente Municipal de Banderilla, Veracruz, durante el trienio 2007-2010, consistió en realizar acciones relacionadas con el problema del mal manejo de la basura. Para ello se diseñó una estrategia que se dirigió hacia actividades de vinculación relacionadas con programas formales generados en la Universidad Veracruzana [3].

Los acuerdos desde la Dirección de Ecología Municipal de Banderilla, 2007- 2010, se llevaron a cabo con la Facultad de Biología-Xalapa de la Universidad Veracruzana (UV), para su participación en la elaboración del Programa de Educación Ambiental Municipal, así como la implementación de talleres de separación y correcto manejo de residuos sólidos en cinco escuelas primarias. Para ello, se trabajó con los estudiantes en dos niveles de educación primaria: de primero a tercero y de cuarto a sexto grados.

De manera complementaria, pero también como parte de la metodología, se trabajó con la Facultad de Ingeniería Ambiental de la UV, con la que se gestionó la realización de la caracterización de los residuos y con los alumnos de la Especialidad en Diagnóstico y Gestión Ambiental, se llevó a cabo un reglamento de manejo y disposición de residuos en el municipio. Con los alumnos de la Especialidad en Diagnóstico y Gestión Ambiental del 2009, se llevó a cabo una propuesta de reglamento en materia de Residuos Sólidos Urbanos para el municipio [4].

Se obtuvieron las tesis de licenciatura sobre el manejo de residuos sólidos, en escuelas primarias, de Banderilla, Ver., una experiencia con alumnos de 1°, 2°, 3° [5], y los talleres de Educación Ambiental con alumnos de 4°, 5° y 6° en escuelas primarias de Banderilla, Ver [6].

4. Resultados

Se logró la vinculación entre el Ayuntamiento de Banderilla y las primarias del Municipio, así como un convenio de colaboración con la Universidad Veracruzana y con la cuantificación de los residuos, se sentaron las bases para planear un ordenamiento en la recolección de la basura del municipio. Al llevarlo a las escuelas se logró la participación de alumnos, maestros e intendentes. Y en lo académico se generaron cuatro tesis con los manuales para posteriores replicas.

Con los resultados obtenidos se encontró que uno de los principales problemas que se presenta actualmente en la gran mayoría de los municipios veracruzanos es la recolección y la incorrecta disposición de sus residuos sólidos, pues van a tiraderos a cielo abierto, no es total la recolección, nunca son separados los residuos es quemada en los traspatios y baldíos y el servicio de limpieza pública, no abarca a toda la población. Situación propia del Municipio de Banderilla y de casi todos los 211 municipios del estado de Veracruz.

Algunas de ellas son, las condiciones de transporte y del personal, la sobreproducción y mezcla de distintos tipos de residuos, o el sitio final donde se depositan, entre otros. Estos problemas están relacionados con el crecimiento exponencial y desordenado de las zonas urbanas que tienen como consecuencia, la contaminación de suelos, aire, agua y además que ocasionan el deterioro de la salud de los habitantes cercanos a los tiraderos a cielo abierto [7].

Los trabajos obtenidos fueron sobre el estudio de generación y composición de los residuos sólidos urbanos de la localidad de Banderilla, Veracruz, México [8]; que consistió en la caracterización de residuos de los diferentes niveles del municipio como son el medio, residencial, medio y popular, lograron sus objetivos que fueron:

- Obtener una muestra de los RSU de las viviendas de la localidad de Banderilla, Veracruz.
- Evaluar los resultados de generación y composición en relación a otros estudios.



- Clasificar las viviendas elegidas para el muestreo por estratos socioeconómicos.
- Estimar la generación y composición de los RSU en los tres estratos socioeconómicos.

Al realizarse la cuantificación de los residuos se sentó las bases para planear un reglamento municipal y un ordenamiento en la recolección de la basura del municipio y al llevarlo a las escuelas se logró la participación de alumnos, maestros e intendentes, todo esto apoyado en un diagnóstico socio ambiental en Banderilla, tarea llevada a cabo en el 2008, por Castro y Chamorro, [9], académicos de la facultad de Biología.

Los resultados fueron los siguientes: la mayor generación fue de la materia orgánica con 51.33 %; 42.57 %, de residuos alimenticios y 8.76 % de jardinería. 8.86 el plástico rígido; 7.91% pañales desechables y 7.23% de papel, el resto los demás componentes como cartón, vidrios, tetrapack y varios.

La media nacional, señala el valor de 53% de residuos orgánicos producidos en casa y los valores obtenidos fueron en promedio de 42. 57 % siendo el más alto valor para las viviendas residenciales y el mínimo para la popular.

La generación por habitante fue de 0.379 kg/hab/día, muy por debajo de los 0.674 que indica la SEDESOL [10] en promedio para las ciudades pequeñas.

Respecto a las preguntas realizadas a la población sobre el servicio de recolección, se obtuvo lo siguiente: sobre la recolección, opinan es buena en un 55 % y regular en un 25 % el otro tanto recae entre mala y excelente. Sobre los restos de la comida contestaron que se los dan en un 45 % a otra persona; respuesta interesante (pues implica que alguien le da algún uso) el 34 % lo mezclan con el resto y un 13 % es alimento para los animales. La pregunta referente a donde depositan su basura, nos reveló que en un 90% lo hacen en bolsas de plástico y sólo el 10% en un recipiente cualquiera.

Actualmente se ha retomado esta actividad y se está trabajando de nuevo desde la dirección de Fomento Agropecuario, dándole énfasis a la recuperación de la materia orgánica para su transformación, tratando de nuevo involucrar a las escuelas y la sociedad en general para la separación y correcto manejo de sus residuos, adoptando una nueva cultura ambiental. Esperando que esta propuesta quede aprobada y forme parte de la reglamentación actual y de las futuras administraciones.

5. Conclusiones

A pesar de los esfuerzos realizados, el claro avance que se experimentó en materia ambiental y el desarrollo de una nueva percepción de la problemática ambiental entre los habitantes de Banderilla, Veracruz, tales como un interés por la separación de RSU, entre los estudiantes de nivel primaria, así como la generación de lombricomposteros en las instituciones educativas, evidencias de un aprendizaje significativo entre los estudiantes de este nivel reflejado de manera directa en las asignaturas de ciencias naturales, español y geografía manifestado por el manejo de palabras relacionadas con el tema de RSU, desafortunadamente al cambio de la administración municipal, se desvaneció esta práctica y el programa aun está pendiente para su aprobación en la nueva administración.

Durante la implementación del programa de Educación Ambiental Municipal, que contempló todas las acciones realizadas en las escuelas, la caracterización y el manual. Se realizó un diagnóstico socio ambiental con el fin de obtener datos sobre los aspectos relacionados con la generación de basura e incorrecto manejo de los residuos, así como determinar la generación y composición de los RSU de la localidad de Banderilla, Veracruz, México, en diciembre del 2009, todo ello nos llevó a corroborar la falta de compromiso tanto de las autoridades como de los usuarios.



Con el apoyo de los alumnos de la Especialidad en Diagnóstico y Gestión Ambiental. Se llevó a cabo un reglamento de manejo y disposición de residuos en el municipio.

La ejecución de las dos tesis de licenciatura en el 2009, efectuadas en las primarias de 1° a 3° y de 4° a 6° grados a través de la impartición de talleres, sobre el manejo de los residuos sólidos, logró que en ese periodo maestros, personal de apoyo y alumnos se sensibilizaran y realizaran el manejo y separación de los residuos, sólo que no quedó como una práctica que se repitiera en los periodos siguientes, ni tampoco el Municipio la reglamentara como una actividad permanente al menos en las escuelas donde ya habían vivido la experiencia.

Algo muy significativo de esta actividad fue, que una vez creada la Dirección de Ecología y Medioambiente, se consolidó para el trienio actual y se generó un cambio en la percepción ciudadana en cuanto a las problemáticas ambientales y en algunas autoridades municipales que siguen vigentes, especialmente en materia de la posibilidad de la separación y correcto manejo y disposición de los residuos sólidos urbanos.

Y gracias a este avance hoy se está trabajando en la gestión de la recuperación, al menos de la materia orgánica por parte del departamento de Desarrollo Regional y en un nuevo planteamiento del manejo integral de toda la basura y la propuesta de un reglamento municipal en ese tema.

Referencias bibliográficas

- [1] Hernández-Loeza, F.J. 2010. *Plan Municipal de Desarrollo 2011-2013 Banderilla, Veracruz*. H. Ayuntamiento de Banderilla. 89 pp.
- [2] INEGI. 2010. *Censo de población y vivienda 2010*. Edit. Gobierno. México D.F. <http://www.censo2010.org.mx/> (Recuperado: 03 de Julio de 2012)
- [3] Gómez-Hernández, A. 2012. *Comunicación personal*.
- [4] Castro-Melgarejo, M. Mendoza-Caballero, E. 2010. *Propuesta de Reglamento en materia de Residuos Sólidos Urbanos para el municipio de Banderilla, Veracruz, México*. Trabajo Recepcional. Especialidad en Diagnóstico y Gestión Ambiental. Facultad de Ingeniería Química. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. 48 pp.
- [5] López-Díaz, G.I. 2010. *Manejo de residuos en escuelas primarias de Banderilla, Ver.* Una experiencia con alumnos de 1°, 2°, 3°. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz. 59 pp.
- [6] Hilario-Quintero, F. 2010. *“Manejo de residuos sólidos. Una experiencia a través de talleres de Educación Ambiental con alumnos de 4°,5° y 6° en escuelas primarias de Banderilla, Ver.”* Tesis de licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. 54 pp.
- [7] EVEA, 2004. *Educación ambiental en los municipios*. Debilidades. Actividades de EA aisladas, no articuladas; Falta seguimiento y evaluación de las actividades portal.veracruz.gob.mx/.../69BD868F8EF91674E040A8C02E00371 (Recuperado: 03 de Julio de 2012)
- [8] Márquez-Tejeda, L. 2010. *“Estudio de la generación y composición de los residuos sólidos urbanos de la localidad de Banderilla, Veracruz, México”*. Tesis de licenciatura. Programa Educativo de Ingeniería Ambiental. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. 81 pp.
- [9] Castro-González, R. G. Chamorro-Zárate, M. A. 2010, *“Diagnóstico socio ambiental en Banderilla, Ver.”*. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. 57 pp.



[10] SEDESOL, Evaluaciones anuales 2006. www.sedesol.gob.mx/es/SEDESOL/Evaluaciones (recuperado el 3 de Mayo de 2007)



Análisis de ciclo de vida de escenarios de manejo de residuos sólidos. Caso: Residuos comerciales de la ciudad de Mexicali

¹Karla Garduño Palomino, ¹Sara Ojeda Benitez, ¹Hugo Favela, ¹Samantha Cruz, ¹Wendolyn Aguilar, ²Jorge Jauregui Sesma.

¹Instituto de Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California. Boulevard Benito Juárez y calle de la normal s/n, Col. Insurgentes este, cp. 212280, Mexicali, Baja California, México. Teléfono 686 216 5415. E-mail: karla.gardunopalomino@gmail.com, ²Cetys Universidad, campus Mexicali.

Resumen

El acelerado proceso de urbanización, el crecimiento industrial y la modificación en los patrones de consumo, han originado un incremento en la generación de residuos, que obliga buscar alternativas adecuadas de manejo que mitiguen el impacto ambiental que estos provocan. El objetivo de este trabajo es comparar escenarios de manejo de residuos sólidos comerciales para la ciudad de Mexicali, de acuerdo a sus cargas ambientales utilizando la metodología de análisis de ciclo de vida (ACV). Los escenarios se diseñaron en base a la situación actual del sistema de manejo de residuos de la ciudad. Los procesos unitarios considerados para el diseño de los escenarios son la generación, recolección y transporte, separación de residuos, disposición final y reciclaje. La unidad funcional del sistema es el manejo adecuado de todos los residuos generados por los establecimientos comerciales de la ciudad de Mexicali, durante un periodo de un año. Para el inventario de ciclo de vida se utilizó el modelo IWM-2. Las emisiones calculadas por el modelo se clasificaron en tres categorías de impacto ambiental, potencial de calentamiento global, potencial de acidificación y potencial de eutrofización. El escenario que incluye la separación de residuos y reciclaje es el de menor contribución en todas las categorías de impacto ambiental en comparación con el escenario en el que solo se realiza recolección y disposición final sin ningún tipo de recuperación de residuos.

Palabras Clave: *Inventario de ciclo de vida, modelo, emisiones, impacto ambiental.*

1. Introducción

El análisis de ciclo de vida (ACV) es un proceso objetivo para evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad, a través de la identificación y cuantificación de las entradas de energía, materiales y las salidas de residuos liberados al ambiente [1] durante todas las etapas de su existencia “de la cuna a la tumba”, es decir, desde la obtención de la materia prima hasta la disposición final. Su aplicación en el campo del manejo de residuos sólidos urbanos se ha enfocado en ser utilizado como herramienta de apoyo en la toma de decisiones para la selección de la mejor estrategia de gestión de residuos desde el punto de vista ambiental [2] donde se comparan los modelos actuales de manejo de residuos contra modelos propuestos [3], [4], [5], [6], [2], [7] o bien se emplea para la planeación del sistema de gestión de residuos para nuevos asentamientos urbanos [8], también para evaluar una parte específica del sistema de manejo como la recolección, transporte y tratamientos bajo distintos esquemas [9], [10].

En los últimos años se han desarrollado diversos software de ACV específicos para la evaluación de modelos de manejo de residuos sólidos como el IWM-1 [11], IWM-2 [12], WRATE [13], IWMMM



[14], WISARD [15] entre otros. Aunque todos estos sistemas estén basados en la misma metodología, cada uno de ellos tiene su propio modelo de inventario de ciclo de vida para los procesos/tratamientos involucrados en el manejo de residuos, por lo tanto los resultados obtenidos dependen del sistema empleado, es por esto que las evaluaciones de sistemas de manejo de residuos bajo este esquema deben corresponder a un ejercicio estrictamente comparativo entre los distintos escenarios modelados.

El objetivo de este trabajo es utilizar la metodología de ACV para comparar escenarios de manejo de residuos sólidos comerciales (RSC) para la ciudad de Mexicali, de acuerdo a sus cargas ambientales utilizando el modelo IWM-2.

1.2 Descripción del sistema actual de manejo de residuos sólidos comerciales en Mexicali

La ciudad de Mexicali se encuentra situada al noroeste de México en el estado de Baja California. El municipio cuenta con una población de aproximadamente un millón de habitantes [16] y genera en promedio 1300 toneladas de residuos sólidos al día según datos proporcionados por el departamento del servicio de limpia del municipio. Se estima que en la ciudad existen cerca de 20330 establecimientos comerciales y de servicio [17] los cuales aportan el 22% de los residuos generados. El manejo de residuos comerciales está integrado por las operaciones de recolección mixta, transferencia, disposición final y la recuperación de algunos reciclables con valor en el mercado durante las operaciones de confinamiento en el relleno sanitario recuperando hasta un 8.8% de reciclables. La composición de los residuos comerciales se muestra en la tabla 1.

Tabla 1, Composición de los residuos sólidos comerciales en Mexicali.

Fracción	Porcentaje	Fracción	Porcentaje	Fracción	Porcentaje
Orgánicos putrescibles	36.74%	PEBD	10.65%	Textiles	4.91%
Papel (periódico, revistas y bond)	2.96%	Poliuretano y poliestileno	1.02%	Sanitarios	5.19%
Cartón	15.53%	Otros plásticos	3.50%	Peligrosos	0.41%
Tetrapack	0.09%	Aluminio	1.45%	Otros	1.88%
PET	4.88%	Metales ferrosos	4.53%		
PEAD	1.53%	Vidrio	4.73%		

2. Desarrollo:

La metodología de ACV se divide en cuatro etapas: definición de objetivo y alcance, inventario de ciclo de vida, evaluación del impacto e interpretación de resultados [18].

2.1. Definición de objetivos y alcance

El objetivo de este estudio es comparar los escenarios de manejo de RSC para la ciudad de Mexicali de acuerdo a sus cargas ambientales, consumo de energía y volumen de residuos enviados a disposición final.



El alcance del estudio está dado por los límites del sistema que se definen por las entradas, productos y salidas de materiales, energía y residuos. Las entradas son, los residuos comerciales a partir del punto donde sale del comercio y la energía que es utilizada en el sistema de manejo de residuos. Las salidas son los residuos en forma de emisiones a la atmósfera, efluentes al agua y residuos sólidos remanentes. Los productos son los materiales recuperados.

2.2. Unidad funcional

La unidad funcional del sistema es el manejo de todos los residuos generados por los comercios localizados en el área urbana de Mexicali en un periodo de un año. Los límites del sistema están definidos a partir del momento en el que un producto pierde su valor y es depositado en los contenedores de basura y hasta que se convierte en un material inerte en el relleno sanitario o es convertido en una emisión al aire, agua o adquiere valor.

2.3. Los escenarios

Los escenarios considerados para este estudio se muestran en la figura 1, estos se diseñaron con base a la situación actual del manejo de los residuos urbanos de la ciudad y las políticas públicas en cuestión de residuos.

El escenario actual se tomara como el escenario base E_0 consiste en recolección mixta y disposición final en relleno sanitario sin generación de energía (GE) ni captación de gases de efecto invernadero (GEI). El escenario E_1 incluye los procesos de recolección mixta, recuperación de reciclables durante las operaciones de confinamiento y disposición final en relleno sanitario sin GE y sin captación de GEI; el escenario E_2 esta conformado por los procesos de recolección segregada (orgánicos/ inorgánicos), recuperación de reciclables en una Planta de Recuperación de Materiales (PRM), y disposición final en relleno sanitario sin GE y sin captación de GEI. Para todos los escenarios se consideró la recolección de los residuos como se realiza actualmente.

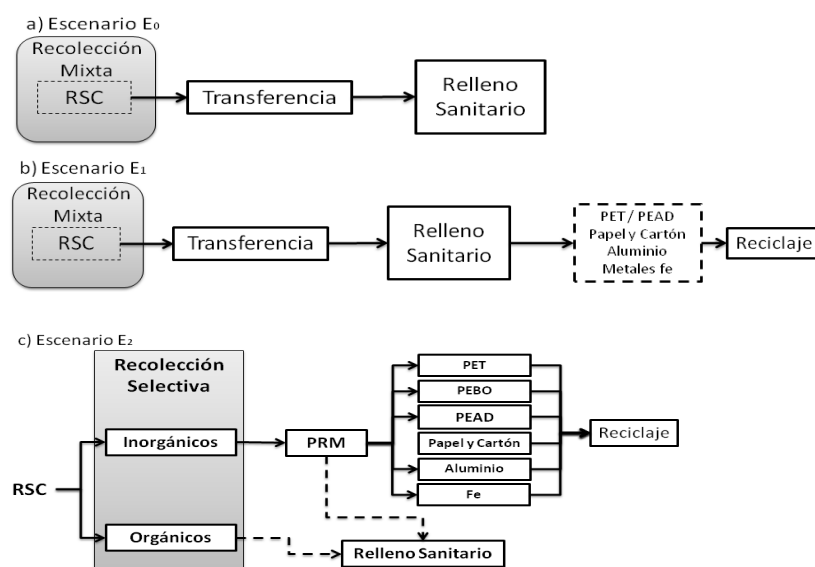


Figura. 1. Escenarios de manejo de residuos sólidos comerciales evaluados

2.4. Inventario de ciclo de vida

Los datos de utilizados para generar el ICV fueron recabados de distintas fuentes. Datos relativos a la generación, características, composición y transporte se obtuvieron mediante investigación de



campo; los datos genéricos sobre generación de energía, tratamientos de reciclaje y segregación, se obtuvieron a través de fuentes bibliográficas y los datos de extracción de materias primas y emisiones al ambiente y residuos totales son los resultados que arroja el modelo IWM-2.

2.4.1 Recolección y transporte

Las distancias recorridas durante el proceso de recolección se estimaron identificando la localización de los comercios establecidos en la ciudad con base a la información del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas y trazando las rutas de recolección en un sistema de información geográfica. En la tabla 2 se muestran las distancias recorridas.

Tabla 2, Distancias recorridas durante el manejo de residuos

Ruta	Km	Ruta	Km
Origen - ruta recolección – Transferencia/PRM	1504	Acopio reciclables– siderurgica	45
Transferencia/PRM – relleno	28	Acopio rec. - recicladora de plástico	400
Relleno sanitario - acopio de reciclables	28	Acopio rec. recicladora de aluminio	400
Acopio reciclables. - recicladora de papel	45		

2.4.2 Planta de recuperación de materiales (PRM)

En el escenario actual E_1 se realiza la recuperación de reciclables manualmente (papel, cartón, plásticos rígidos, aluminio, metales ferrosos) en el relleno sanitario, la información obtenida en campo sobre esta actividad se ingresó como datos de entrada el 8.8% de recuperación y consumo de combustible de 4 kwh/ton y 2.2 l/ton.

Los datos de entrada para la PRM se estimaron en base a datos obtenidos de la literatura; para una PRM que recibe reciclables mixtos [12] propone un consumo de combustible de 24 kwh/ton y 0.87 l/ton de diesel; y [19] propone 20 kwh/ton y 0.77 l/ton de diesel. Para la el diseño del escenario E_2 se determinó un consumo de combustibles de 20 kwh/ton y 0.80 l/ton de diesel. Se estableció como porcentaje de recuperación en PRM el 65% con base al grado de contaminación de los materiales reciclables secos de recolección en la acera y el porcentaje de reciclables rechazados en la PRM por contaminación propuestos por [12].

2.4.3 Relleno sanitario

Para los tres escenarios el relleno sanitario no incluye la generación de energía, ni la captación de gases, ni el tratamiento de lixiviados ya que es la condición actual y no se tienen datos que indiquen un cambio en los próximos 10 años. Se estimó un consumo de diesel de 0.2 l/ton de residuos y para la unidad de transferencia un consumo de diesel de 1.7 l/ton de acuerdo a la información proporcionada en campo.

2.5. Evaluación de impacto de ciclo de vida

Para realizar el análisis de impacto de ciclo de vida, se estableció el enfoque de un flujo de residuos constante y se comparó el desempeño de los diferentes sistemas de recuperación y reciclaje de residuos comerciales. Siguiendo la metodología del estándar ISO 14040-44 los resultados arrojados por el ICV se clasificaron en tres categorías de impacto ambiental: calentamiento global (kg CO₂ eq.), acidificación (kg SO₂ eq.) y eutrofización (kg PO₄⁻ eq.) además de la energía total empleada



y volumen total de residuos enviados a disposición final. Los factores de caracterización aplicados a cada categoría de impacto son los propuestos por el método CML-Centrum voor Milieukunde Universiteit Leiden [20].

3. Resultados y discusión

Los resultados y comparativos de las tres opciones de manejo de residuos comerciales evaluados se muestran gráficamente en la figura 2. En éstos se puede apreciar que el escenario E_2 con recolección segregada y recuperación de reciclables en PRM, es el de menor contribución para las categorías de impacto de calentamiento global, acidificación, eutrofización, además de contribuir con la menor cantidad de residuos sólidos finales y menor consumo de combustible. El escenario E_0 con recolección mixta y disposición final es el mayor contribuyente en las tres categorías de impacto, residuos finales y combustibles. El escenario E_1 que es el escenario actual con recolección mixta y recuperación de reciclables durante las operaciones de confinamiento resultó ambientalmente más eficiente que el E_0 ; sin embargo E_2 es mejor porque al tener recolección segregada permite un mayor porcentaje de recuperación de reciclables, lo cual evita el consumo de materia prima virgen al considerar una tasa de sustitución 1:1 de acuerdo al modelo de ICV utilizado para este estudio.

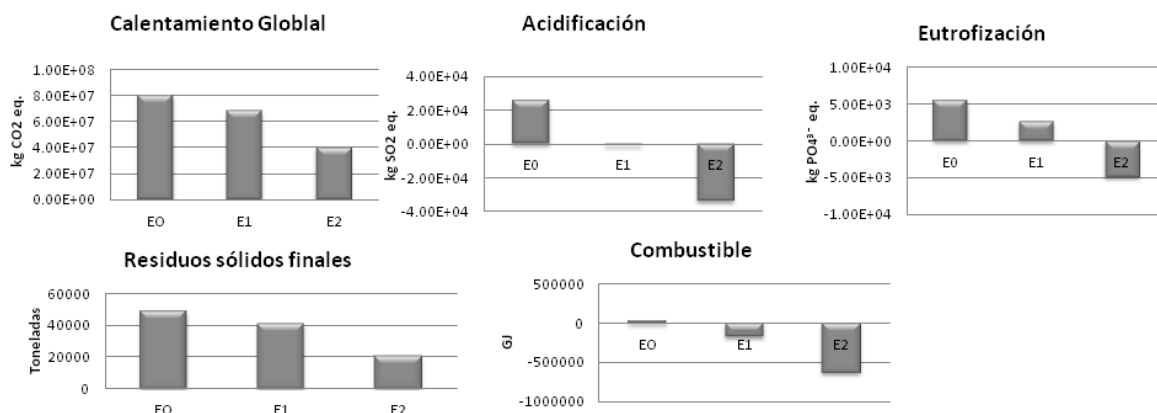


Figura. 2. Contribución de cada escenario por categoría de impacto, residuos y combustible.

4. Conclusiones

La metodología de ACV es una herramienta de apoyo en la toma de decisiones y planeación de nuevas estrategias de gestión de residuos sólidos que ha sido poco utilizada en México. En este trabajo se evaluaron desde el punto de vista ambiental tres escenarios basados en la situación actual de la ciudad de Mexicali, destacando lo siguiente:

- Los escenarios con recuperación de reciclables obtuvieron mejor desempeño medio ambiental en comparación con el escenario que no consideró esta posibilidad.
- La recolección fraccionada y la segregación de materiales reciclables en la PRM del escenario E_2 permite una tasa de recuperación mayor a la recolección mixta y a la recuperación manual en el relleno sanitario en el E_1 , disminuyendo la carga ambiental de E_2 .
- El modelo IWM-2 considera una tasa de sustitución de material reciclable por material virgen de 1:1, sin embargo en la realidad esto puede ser distinto. Sería pertinente evaluar los escenarios con un radio de sustitución distinto.

Para elegir el mejor escenario de manejo de residuos es necesario complementar este estudio con un análisis económico y tomar en cuenta los factores sociales y de infraestructura de la ciudad.



Referencias Bibliográficas

- [1] Barton, J. R., Dalley, D., Patel, S. "Life cycle assessment for waste management". *Waste Management*. Vol. 16. 1996. pp.35-50.
- [2] Bovea, M. D., Ibáñez-Forés, V., Gallardo, A., Colomer-Mendoza, F. J. "Environmental assessment of alternative municipal solid waste management strategies. A Spanish case study". *Waste management*. Vol. 30(11). 2010. pp. 2383-95.
- [3] Ozeler, D., Yetiş, U., Demirer, G. N. "Life cycle assessment of municipal solid waste management methods: Ankara case study". *Environment international*. Vol. 32(3). 2006. pp. 405
- [4] Hong, R. J., Wang, G. F., Guo, R. Z., Cheng, X., Liu, Q., Zhang, P. J., Qian, G. R. "Life cycle assessment of BMT-based integrated municipal solid waste management: Case study in Pudong, China". *Resources, Conservation and Recycling*. Vol. 49(2). 2006. pp. 129-146.
- [5] Zhao, W., van der Voet, E., Zhang, Y., Huppes, G. "Life cycle assessment of municipal solid waste management with regard to greenhouse gas emissions: case study of Tianjin, China". *The Science of the total environment*. Vol. 407(5). 2009. pp. 1517-26.
- [6] Al-Salem, S.M., Lettieri, P. "Life cycle assessment (LCA) of municipal solid waste management in the state of Kuwait". *European Journal of Scientific Research*. Vol. 3. 2009. pp. 395-405
- [7] Hanandeh, A. E., El-Zein, A. "Life-cycle assessment of municipal solid waste management alternatives with consideration of uncertainty: SIWMS development and application". *Waste management*. Vol. 30(5). 2010. pp. 902-911.
- [8] Slagstad, H., Brattebø, H. "LCA for household waste management when planning a new urban settlement". *Waste management*. Vol. 32. 2012. pp. 1482-1490.
- [9] Rigamonti, L., Grosso, M., Giuliano, M. "Life cycle assessment for optimizing the level of separated collection in integrated MSW management systems". *Waste Management*. Vol. 29. 2009. pp. 934-944.
- [10] Cabaraban, M. T. I., Khire, M. V., Alocilja, E. C. "Aerobic in-vessel composting versus bioreactor landfilling using life cycle inventory models". *Clean Technologies and Environmental Policy*. Vol. 10(1). 2007. pp. 39-52.
- [11] White P, Franke M, Hindle P. *Integrated solid waste management: a life cycle inventory*. 1995. Blackie Academic and Professional.
- [12] McDougall, F., White, P., Franke, M. y Hindle, P. *Gestión integral de residuos sólidos: Inventario de ciclo de vida*. 2004. Procter and Gamble Industrial, S.C.A. Venezuela. 507.
- [13] Environment Agency. 2010 (Noviembre de 2010). WRATE- Waste and Resource Assessment Tool for the Environment. <http://www.environment-agency.gov.uk>
- [14] Environment and Plastic Industry Council (EPIC), Corporations Supporting Recycling (CSR). 2004. (abril de 2012). IWMMM- Integrated Waste Management Model for Municipalities. <http://environment.uwaterloo.ca>
- [15] Ecobilan. 2004. (mayo de 2012). WISARD- Waste Integrated System for Analysis of Recovery and Disposal. <http://www.ecobilan.com/wizard/index.php>
- [16] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2010. (abril de 2010). Censo de población y vivienda 2010. Censos y conteos de población y vivienda. www.censo2010.org.mx



- [17] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2011. (mayo de 2011). Directorio estadístico nacional de unidades económicas 03/2011. www.inegi.org.mx
- [18] ISO 14040. 2006. Environmental management. Life cycle assessment. Principles and framework.
- [19] Recycling Marketing Cooperative for Tennessee. *Material recovery facility handbook*. Rural Development Agency. 2003. Tennessee. USA.
- [20] Guinee, J. B. *Handbook on Life Cycle Assessment. An Operational Guide to the ISO Standards*. 2002. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. 675.



Diagnostico de la percepción de los Secretarios para implementar el manejo de residuos sólidos en facultades de la Universidad Veracruzana.

Marco A. Ostos Cázares, Leticia Garibay Pardo, Héctor V. Narave Flores, Ma. de los Ángeles Chamorro Zárate y Erika Y. Cruz Aburto.

Facultad de Biología-Xalapa. Universidad Veracruzana. Circuito Aguirre Beltrán Xalapa, Ver. Tel. 2288421748
lgaribay3@uv.mx

Resumen

La Universidad Veracruzana, está inscrita en COMPLEXUS y en su Plan General de Desarrollo, contempla acciones de sustentabilidad como uno de sus ejes rectores. Situación aunada a la necesaria formación que los universitarios deben de tener de respeto al ambiente y en particular al correcto manejo de su basura, para constituirse en Residuos Sólidos Urbanos. Para que esto sea posible es necesario que las autoridades universitarias se involucren y lo adopten como una meta en cada una de sus instituciones de las cinco regiones que componen la universidad a lo largo de los 700 Km. del estado de Veracruz. Este diagnostico de percepción, aplicó una encuesta a los Secretarios Académicos que respondieron a la solicitud en las diversas regiones y las distintas áreas. Los datos obtenidos de los 43 que contestaron de un total de 74 equivalentes a un 58%, revelaron que la gran mayoría tiene conocimiento sobre el manejo de residuos, siendo el área de Ciencias de la Salud la de mayor noción. No así en cuanto al pago de la Universidad para deshacerse de la basura y la falta de un programa de manejo. La gran mayoría consideró la importancia de separar la basura y de que exista un programa de manejo, su deseo de participar en un proyecto y la poca o nula cultura que existe por parte de académicos y alumnos al respecto. Finalmente la mayoría consideraron se debe implementar un plan de manejo y se debe reglamentar.

Palabras Clave: Administración universitaria, generación de residuos, manejo y separación.

1. Introducción

Para confrontar la problemática ambiental se están buscando estrategias de desarrollo humano que puedan contribuir al mejoramiento del medio natural y de bajo impacto y que se impulse una cultura de respeto y cuidado al medio ambiente.

En la Facultad de Biología-Xalapa, como parte de un proyecto institucional de la Universidad Veracruzana (UV), denominado RESU (Residuos Sólidos Universitarios) se ha estructurado y aplicado una estrategia de manejo para que haya una disposición adecuada de los residuos, considerando la participación de la comunidad estudiantil, académica, administrativa y técnica. Este proyecto de separación de residuos en la facultad de Biología; se ha realizado en base a la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente [1] y la Ley Número 87: de Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, así como de la nomenclatura del Código Internacional de Colores. Esta experiencia, nos ha llevado a plantearnos la posibilidad de implementar el proyecto RESU-Biología más allá del campus de Xalapa, considerando a todas las facultades de las distintas regiones de la Universidad Veracruzana. Se aplicaron encuestas a todos los Secretarios de las facultades (que son quienes tienen trato directo con los alumnos y los maestros, organizan actividades académicas,



coordinan y realizan el seguimiento de la vida diaria en las entidades); con el fin de evaluar el grado de conocimiento e interés que tienen acerca del tema, además de preguntar si llevan a cabo algún programa de manejo del RESU, si apoyarían y participarían en el proyecto en caso de que se implemente, si creen que es necesario que cada facultad tenga su propio proyecto y”, en su caso, si se debe o no reglamentar para su pleno funcionamiento entre otras preguntas.

2. Desarrollo

El diseño del estudio fue de tipo exploratorio, descriptivo, con un abordaje mixto, ya que considera aspectos de tipo cuantitativo y cualitativo. Esto se debe a que intenta ser un primer acercamiento a lo que es el manejo de residuos sólidos en una institución Universitaria. “Los estudios exploratorios se efectúan, normalmente cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado o que no ha sido abordado antes” [2].

Según Malhotra, 1997 [3], la investigación descriptiva tiene como objetivo primordial la descripción de la realidad, siendo sus principales métodos de recogida de información la encuesta e incluso la observación.

Primero se llevó a cabo una investigación documental y la elaboración de una encuesta que fue el principal instrumento de trabajo. Esta fue semi-estructurada y constó de 10 reactivos con opción de respuesta a elegir (sí o no), en algunas con opción abierta ya que permite fundamentar las respuestas. La encuesta se responde en 15 minutos como máximo. La encuesta fue consensada en el Cuerpo Académico Investigación y Educación para el Desarrollo Sustentable y validada en la Secretaría Académica de la Universidad Veracruzana quienes nos apoyaron para su envío.

El total de la población está integrada por 74 Secretarios de las diferentes facultades de las cinco regiones de la UV. Se le envió a cada Secretario, un correo electrónico solicitando llenen la encuesta, para determinar el conocimiento y grado de compromiso que demuestren ellos hacia el proyecto. En algunos casos se efectuó personalmente para tener acercamientos físicos (Xalapa, Poza Rica).

Se crearon cinco cuentas diferentes en un servidor de correo electrónico gratuito (Gmail), una cuenta para cada región de la UV, esto con el fin de evitar confusión al momento de enviar y de recibir las encuestas por parte de los Secretarios. Como no hubo la contestación esperada, se volvió a enviar un segundo y tercer correo; para lograrlo se contó con el apoyo de la Secretaría Académica de la Universidad, para que de las regiones respondieran a esta investigación.

Se realizó una base de datos en Excel para el manejo y concentración de lo que revelaron las encuestas en porcentajes; así como la obtención de las gráficas correspondientes. Los resultados se manejaron, por pregunta, por área de conocimiento y por regiones. Se analizaron los resultados obtenidos de las gráficas y así se logró conocer la situación en cuanto al manejo de residuos sólidos en cada facultad participante; por región y por área de conocimiento de toda la Universidad.

3. Resultados

La aplicación de las encuestas se realizó en seis meses, del 26 de mayo de 2010 al 5 de octubre de 2010, durante este periodo se enviaron 74 encuestas vía correo electrónico y de estas mismas 14, se aplicaron personalmente.

Del total de 74 Secretarios de todas las regiones de la UV a los que se les envió la encuesta; contestaron solamente 43, lo que equivale al 58% del total de las encuestas enviadas Fig.1. Analizando los resultados por área de conocimiento y en proporción al número de entidades; la más participativa fue el área Económico Administrativo y el área de Humanidades la menor, Fig. 2.

Al preguntar si llevan a cabo algún programa de manejo de residuos sólidos en su facultad, comentaron que el 70 % no llevan ningún programa de manejo de RESU. El porcentaje más bajo está la Región de Xalapa; ya que de los 17 Secretarios que respondieron la encuesta; 13 contestaron que no llevan ningún manejo de RS y en la Región de Coatzacoalcos-Minatitlán, tres de las cuatro facultades no tienen ningún programa relacionado con el manejo de residuos.

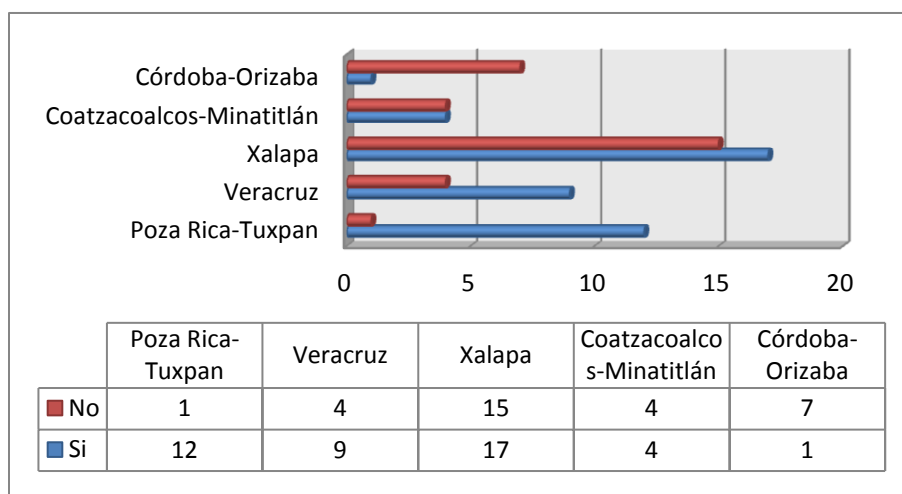


Figura 1. Relación de los Secretarios que contestaron la encuesta, por región.

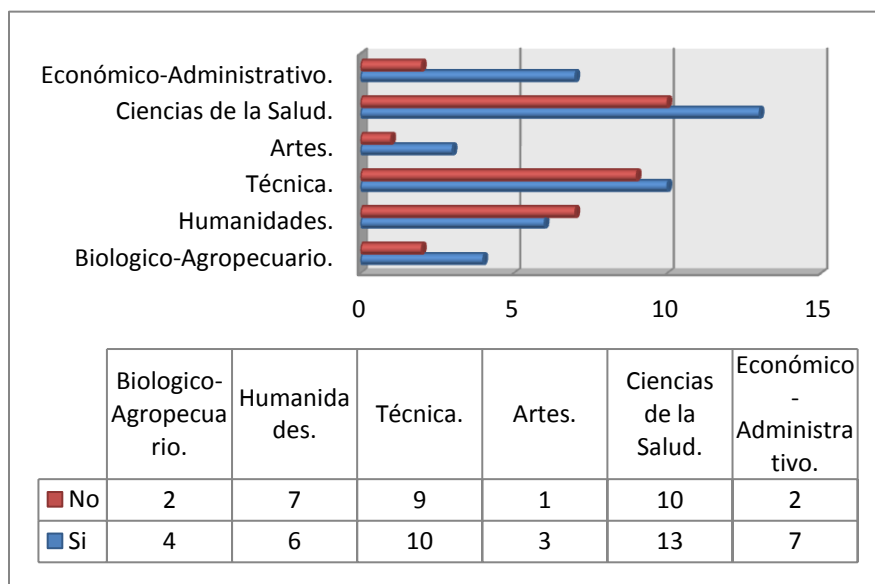


Figura 2. Secretarios que contestaron la encuesta, por Área de Conocimiento.

Respecto al pago que la Universidad eroga por deshacerse de la basura tanto por área de conocimiento como por regiones de la universidad; la mayoría no tienen conocimiento Fig. 5 y 6.

El 30%; contestó que sí realiza la separación de RESU es su facultad y lo hace de una manera más económica, es decir sólo en materia orgánica e inorgánica. En algunas facultades recuperan las botellas del PET (Tereftalato de Polietileno) como en el caso del Área Técnica. Las facultades que se encuentran en el Área de Salud únicamente separan RPBI (Residuos Peligrosos Biológico Infecciosos).

El 100% consideraron que es importante la separación de los RESU y el 97% de los encuestados apoyarían la implementación del programa de manejo de residuos sólidos, solamente un Secretario no ayudaría a establecer el proyecto.

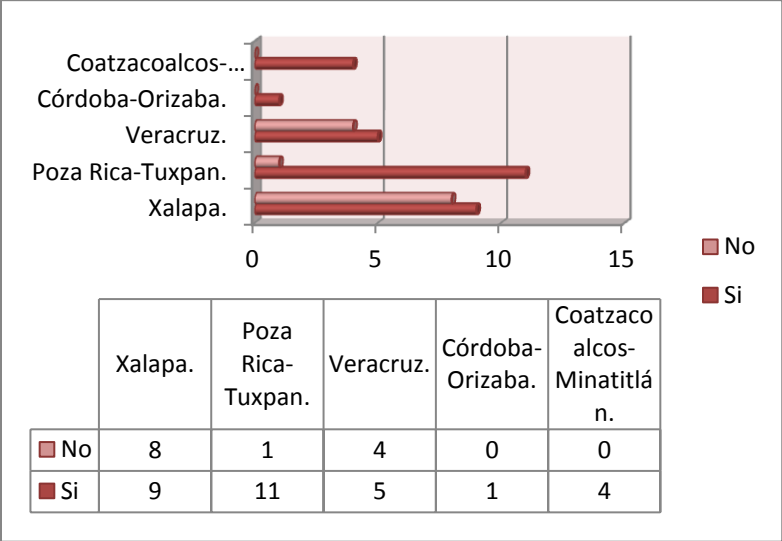


Figura 3. Conocimiento del manejo de residuos sólidos que hay en la actualidad por Región.

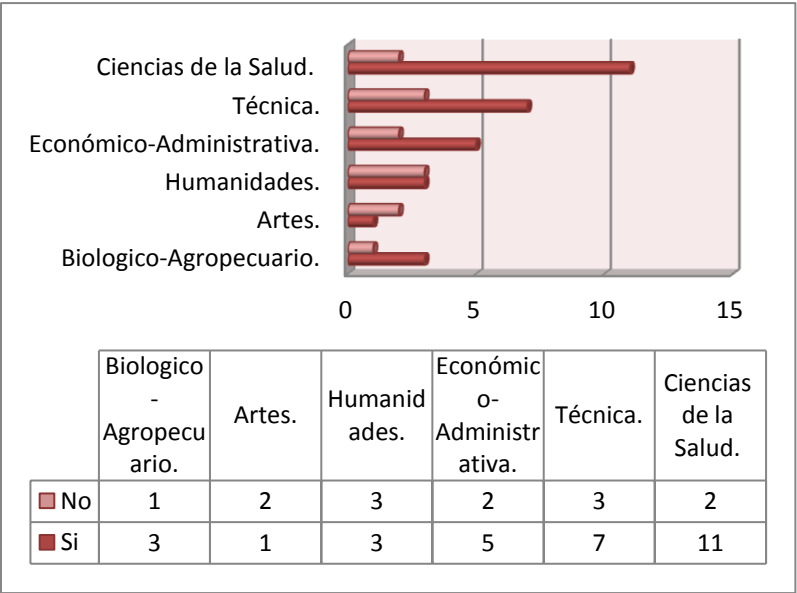


Figura 4. Conocimiento del manejo de residuos sólidos que hay en la actualidad por Área de Conocimiento.

El total de los Secretarios encuestados coinciden que en caso de que se llegara a implementar un programa de manejo de RESU en toda la UV colaborarían en darle divulgación, fomentarlo y apoyarlo desde administración. Situación que nos parece una gran fortaleza para poder detonar e implementar el proyecto en toda la Universidad. El 97% piensa que si se lograría implementar una nueva cultura de la separación de los RESU ya que afirman que implementando un programa institucional de manejo de residuos sensibilizará a los estudiantes, académicos y demás personal, sobre la importancia de la separación.

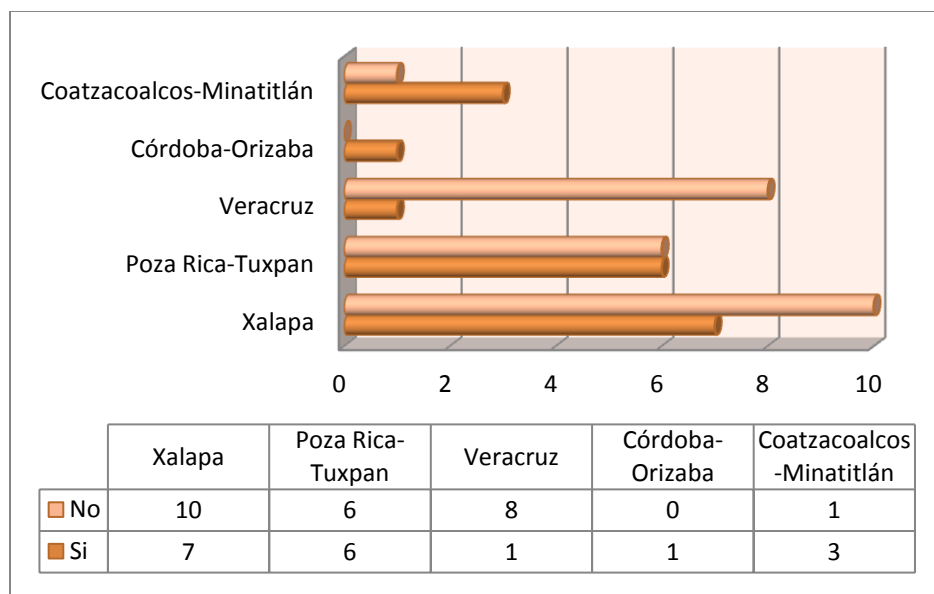


Figura 5. Conocimiento acerca del pago que la Universidad Veracruzana realiza para deshacerse de la basura por Región.

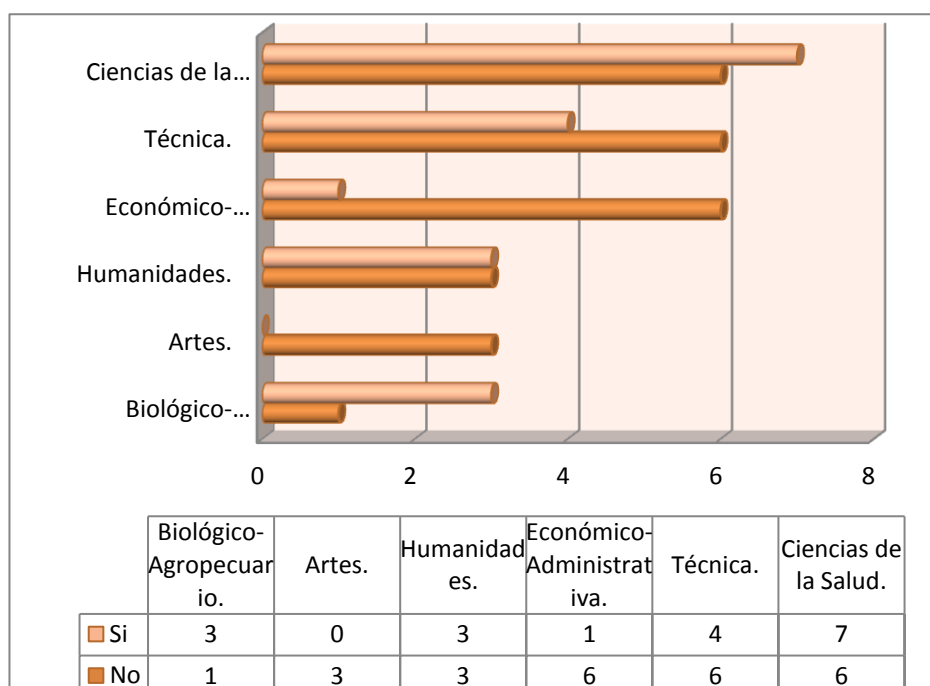


Figura 6. Conocimiento acerca del pago que la Universidad Veracruzana realiza para deshacerse de la basura por Área de Conocimiento.

4. Conclusiones



Se obtuvieron datos relevantes sobre la participación que tendrían los Secretarios Académicos en el manejo de residuos sólidos, en las distintas facultades de la UV y fue importante conocer la percepción que tienen los funcionarios en este tema.

Al tema de Universidad Sustentable en la UV, se le ha dado relevancia en los últimos cinco años y es fundamental que la nuestra universidad se interese en temas ambientales y de sustentabilidad, siendo necesario, que aterricen sus acciones ya que aún son pocas las que verdaderamente están implicadas.

El proyecto de separación de residuos ya iniciado en Biología Xalapa como piloto, es una muestra que puede replicarse en otras entidades académicas y para ello es fundamental conocer si sería factible o no. Evidenciamos el conocimiento que tienen los Secretarios sobre el tema; y que alrededor del 70% de las facultades encuestadas *no llevan* a cabo proyectos de manejo de Residuos Sólidos; tema importante porque somos una Universidad inscrita en COMPLEXUS que si bien no es una garantía; acciones tan elementales como la separación; mínimo ya se debería de estar llevando y el apoyo del Secretario es importante, ya que se tendría una autoridad por facultad que estaría supervisando el proyecto además de darle difusión, ya que el 100% consideraron que el manejo de RS es importante y se obtuvo una respuesta positiva referente al apoyo que brindarían para que este se implementara. Sólo un Secretario académico, manifestó no querer realizarlo.

Consideramos dos situaciones; una la falta del conocimiento real de cómo llevar a cabo la separación, otra es que aunque la mayoría de académicos, estudiantes y docentes, no poseemos este hábito de la separación eventualmente lo tenemos que adquirir. Este se puede adquirir con la repetición del hacerlo diariamente mismo que debe de ser constante y así, poco a poco lograremos la adaptación a la práctica. Si se lleva a cabo, se reduciría el esfuerzo físico y el tiempo a los participantes y encargados que se dediquen al proyecto de la separación; muchas pues aunque se tenga el personal si no se tiene la cultura resulta difícil la separación y la obtención del residuo recuperado para el acopio.

La mayoría de los Secretarios piensan que cada facultad debería de tener su propio proyecto de manejo, pues cada una, tiene su propia situación; sus propias necesidades y limitantes en cuanto a instalaciones por ejemplo. Un pequeño porcentaje coinciden en que se debería unificar el proyecto y crearlo a nivel universidad. La mayoría coinciden en que el proyecto se debería de reglamentar para su pleno funcionamiento tanto institucional como en toda la comunidad.

Estamos convencidos que el proyecto RESU es un ejemplo de sustentabilidad y es necesario implementarlo en toda la Universidad y con este trabajo tenemos los argumentos suficientes, para pensar que *si* se contaría con el apoyo de Secretarios Académicos, que lo apuntalaran y dirigieran; además de que ellos pueden involucrar a toda la comunidad. Y así estudiantes, académicos, personal administrativo y manual, todos juntos, formar parte del proyecto y sumarse a él como está plasmado en el Plan Maestro de Sustentabilidad de la Universidad, en el SUMA [4].

Referencias Bibliográficas

- [1] Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPIR) Consultado 20 de marzo de 2011 en: HYPERLINK. "<http://siscop.ine.gob.mx/descargas/legislacion/lpggir.pdf>"
- [2] Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. 1997. Metodología de la investigación. Mc Graw Hill. Colombia. 505 p.p.
- [3] Malhotra, N.K., 1997. Investigación de Mercados. Prentice Hall. Madrid, 816 p. p
- [4] UV.2010. Plan Maestro para la Sustentabilidad de la Universidad Veracruzana. Recuperado el 13 de enero de 2010, de: <http://www.uv.mx/noticias/eventos/plan-maestro-sustentabilidad-web.pdf>



Las asociaciones intermunicipales para la gestión de los residuos. El caso de Jalisco

Gerardo Bernache Pérez

Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Unidad Occidente
Ave. España 1359, Col. Moderna, Guad. Jal. 44190, (33) 3268-0600, gerardo.bernache@gmail.com

Resumen

Los gobiernos municipales son responsables de proporcionar el servicio público de recolección y manejo de residuos, de acuerdo a lo que establece el Artículo 115 de la Constitución Mexicana. Sin embargo, los ayuntamientos no siempre cuentan con recursos presupuestales necesarios para costear el parque vehicular y el personal suficiente para proveer un servicio de calidad. La recolección es sólo una parte del servicio, además se tiene que considerar el desarrollo de programas de manejo de residuos para promover la educación ambiental, la separación de residuos en la fuente, el acopio de materiales separados y su comercialización. Por último está el gran reto de la disposición final de residuos sólidos municipales en un sitio apropiado que tenga la infraestructura necesaria para que no contamine el ambiente regional. Las demandas de recolección, tratamiento y disposición final muchas veces rebasan las posibilidades financieras y profesionales de los ayuntamientos. En Jalisco se han desarrollado tres experiencias exitosas de colaboración intermunicipal con el fin de mejorar la gestión de los residuos sólidos municipales. La Junta Intermunicipal del Río Ayuquila con sede en Autlán de Navarro fue la primera experiencia, luego surgió el Sistema Intermunicipal para el Manejo de Residuos en el Sureste con sede en Mazamitla y, por último, la Asociación Intermunicipal para la Protección del Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable del Lago de Chapala. Estas tres experiencias han resultado exitosas y han logrado mejoras sustanciales en la gestión de residuos en un total de 36 municipios del estado de Jalisco.

Palabras Clave: *Asociaciones intermunicipales, gestión de recursos, Jalisco, manejo integral de residuos*

1. Introducción

El manejo de los residuos sólidos municipales constituye un reto importante para los gobiernos locales por varias razones, pero sobre todo para mejorar la *cobertura* y periodicidad de la recolección domiciliar; para desarrollar programas de reducción y separación de residuos; para comercializar los subproductos y para la *disposición final* en sitios apropiados que garanticen el control de la contaminación [1], [2]. Este último punto es de particular importancia, ya que construir y operar adecuadamente un sitio de disposición final tipo Relleno Sanitario llevan un costo que no todos los ayuntamientos pueden costear.

Las asociaciones intermunicipales surgieron como una respuesta a una problemática de insuficiente estructura y recursos locales para una lograr una gestión ambiental integral. De acuerdo con Alonso Zamora [1], las debilidades del trabajo aislado por parte de municipios individuales son:

1. Las limitaciones temporales de un gobierno trianual
2. Problemas ambientales que son de carácter regional y rebasan a los municipios
3. Recursos económicos limitados en las arcas municipales
4. Recursos humanos con poca preparación profesional especializada
5. Estructura institucional y jurídica insuficiente



6. No se cuenta con información pertinente para la toma de decisiones
7. Discontinuidad de programas importantes en materia ambiental
8. Baja participación ciudadana
9. Falta de infraestructura física y vehicular
10. Alta rotación de personal
11. Ausencia de plataformas locales para la búsqueda de soluciones
12. Carencia de esquemas de financiamiento requeridos para la gestión ambiental [1]

Al asociarse de manera formal con acuerdos y convenios de colaboración, los ayuntamientos crean una entidad nueva que los representa con mayor poder de gestión al unir a un grupo numeroso de municipios en una región. Las asociaciones intermunicipales han logrado obtener mayores recursos financieros de los gobiernos estatal y federal. Estos recursos se han canalizado tanto a proyectos regionales, como a proyectos de municipios con necesidades particulares.

En el estado de Jalisco han surgido tres instancias de cooperación intermunicipal en los años recientes y sus experiencias se pueden evaluar como positivas. A continuación se presentan estos tres casos.

2. Desarrollo

Esta es una investigación de corte cualitativo que se centra en las organizaciones y sus acciones que favorecen la gestión integral de los residuos sólidos. En los tres casos aquí presentados se obtuvo información pertinente por tres vías: entrevistas con actores importantes involucrados en las tres organizaciones, información disponible en sus páginas en internet, así como información complementaria proporcionada directamente por los actores.

2.1 La Junta Intermunicipal del Río Ayuquila

La Junta Intermunicipal del Río Ayuquila (JIRA) se integra con la participación de diez municipios, a saber: Unión de Tula, Ejutla, Autlán de Navarro, El Grullo, El Limón, Tuxcacuesco, Tonaya, San Gabriel, Tolimán y Zapotitlán de Vadillo. Su sede principal se encuentra en la ciudad de Autlán de Navarro, ahí tiene sus oficinas la Dirección de la JIRA. Esta organización tiene una estructura formal que le permite llevar a cabo los programas propuestos y dar continuidad a las acciones emprendidas más allá de los tres años de una administración municipal. A la cabeza de la JIRA está un Consejo de Administración que lo integran los presidentes municipales de los 10 ayuntamientos, así como representantes de la Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable (SEMADES Jalisco), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), así como investigadores de la Universidad de Guadalajara y la Fundación Manantlán. La presidencia del Consejo de Administración se turna cada año a uno de los presidentes municipales de acuerdo a los procedimientos de elección establecidos. Este Consejo de Administración toma las decisiones importantes y establece el rumbo de las acciones, le corresponde a la Dirección de la JIRA la parte ejecutiva, el conocimiento técnico, la gestión y administración de recursos financieros y la responsabilidad de llevar a buen término los programas [1], [2], [3].

El objetivo central de la JIRA es el saneamiento de la cuenca del Río Ayuquila, aunque se ha identificado que la gestión sustentable de los residuos sólidos municipales es un componente importante para el manejo integral de la cuenca [1], [2]. Para lograrlo se han propuesto cuatro programas importantes que inciden sobre la mejoría en el manejo de los residuos sólidos en la región. Estos programas también reducen costos ya que son compartidos por al menos dos municipios de la Junta.



A continuación se presentan los cuatro principales programas de acción de la JIRA, los cuales tienen un alcance regional. En primer lugar están dos Sistemas Intermunicipales para el Manejo de Residuos (SIMAR) operan en dos subregiones. Estos SIMAR desarrollan una nueva infraestructura para recibir y comercializar los materiales separados en los hogares y domicilios. La recolección de residuos separados se canaliza a un centro de acopio para hacer una separación secundaria en subtipos de materiales, así como preparar el material para su entrega a los recicladores. En segundo lugar está el Programa Intermunicipal de Educación Ambiental que está dedicado a promover los Programas Municipales para la Separación de Residuos sólidos. Estos dos programas van de la mano. En tercer lugar se encuentra el programa de separación de botellas de bebidas, en Autlán, para el cual se disponen de puntos donde se instala una estructura de malla en forma cilíndrica. Estas estructuras se instalan en esquinas y espacios públicos. Por último, dado que la región tiene una vocación para la agricultura, se ha instalado un centro de acopio de plásticos de uso agrícola y especialmente los envases de agroquímicos peligrosos [3].

El trabajo de un número importante de académicos y líderes ambientalistas de la región ha impulsado y organizado la participación ciudadana en la protección de su ambiente regional en la cuenca baja del río Ayuquila. Esta iniciativa para mejorar la gestión ha ganado, muy merecidamente, un reconocimiento con el Premio CIDE *Gobierno y Gestión Local 2005* ya que es un caso ejemplar de colaboración intermunicipal [2].

En una primera etapa de la gestión de residuos se ha logrado mantener y consolidar la operación de los centros de acopio de materiales separados, así como el programa de separación en los hogares. El logro es que ya han pasado dos administraciones municipales y el programa se mantiene, algo que no es común en los gobiernos locales de México.

La separación de un mínimo de 11 toneladas diarias en la región es un paso importante en la dirección correcta que es la gestión integral de residuos. En la próxima década se podrá alcanzar el objetivo de separar unas 36 toneladas diarias de materiales inorgánicos, el 28% del total de residuos municipales. Además, es importante que se considere empezar con programas de separación de residuos orgánicos, acopio de los mismos y someterlos a tratamiento para generar composta o mejorador de suelos. El tratamiento de residuos orgánicos, que representan el mayor componente de los residuos municipales en esta región, es una tarea pendiente.

2.2 El Sistema Intermunicipal de Manejo de Residuos Sureste

El Sistema Intermunicipal de Manejo de Residuos Sureste (SIMAR Sureste) es un proyecto que surge en la zona sur del estado de Jalisco, tiene su sede en la ciudad de Mazamitla. El SIMAR Sureste es un Organismo Público Descentralizado de carácter intermunicipal que lo conforman nueve ayuntamientos de Mazamitla, Quitupan, Valle de Juárez, la Manzanilla de la Paz, Concepción de Buenos Aires, Marcos Castellanos, Tuxcueca, Tizapán el Alto y Santa María del Oro [4], [5]. Un municipio del estado de Michoacán y los otros ocho son de Jalisco. Este organismo tiene a la cabeza un Consejo de Administración que integran los nueve presidentes municipales, el Director General, y representantes de la SEMADES Jalisco, la SEMARNAT y el Instituto de Información Territorial del Estado de Jalisco. La Dirección General es el órgano operativo que lleva a cabo los programas, la gestión, la administración, la capacitación y educación ambiental en la región. Desde la perspectiva del SIMAR Sureste [4], las ventajas del asociacionismo intermunicipal son las siguientes:

- Impulsa el desarrollo institucional, social y económico del municipio.
- Genera un mecanismo horizontal de coordinación y corresponsabilidad para formular y ejecutar estrategias de acción y gestión pública a nivel local y regional.



- Permite reordenar el presupuesto y costos reales del **MANEJO INTEGRAL** de los residuos sólidos para cumplir con la normatividad ambiental vigente.
- Se adquiere el hábito de rendición de cuentas.
- Potencia un uso más racional y estratégico de los recursos financieros.
- Permite valorizar los territorios favoreciendo su desarrollo.
- La cooperación intermunicipal refuerza la titularidad de las funciones que le corresponden al municipio al ser de carácter voluntario, flexible y auto organizativo.
- Permite generar información confiable para la planeación estratégica y facilitar el acceso a la información pública en el manejo de los residuos.
- Favorece el cumplimiento de las leyes, programas y acuerdos en materia de gestión y manejo integral de residuos sólidos [4].

El SIMAR Sureste es el responsable de brindar asesoría, recolección, reciclaje, transferencia y disposición final de residuos municipales y de manejo especial para los nueve municipios. Además realiza labores de educación ambiental y capacitación profesional en el tema de gestión integral de residuos.

Las acciones del SIMAR Sureste [5] se enfocan en sus tres prioridades:

- Programa de Separación de Residuos Sólidos
- Programa de Educación Ambiental Sureste
- Programa Intermunicipal para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sureste

El SIMAR Sureste es el primer organismo intermunicipal dedicado exclusivamente a mejorar los sistemas de gestión de residuos sólidos municipales en el estado de Jalisco, los otros organismos atienden el problema de los residuos, pero tienen otro tipo de actividades como el manejo y restauración de la cuenca del Río Ayuquila o la cuenca del Lago de Chapala.

Parte importante de la asesoría que brinda el SIMAR Sureste se enfoca a la elaboración de Programas Municipales para la Prevención y Gestión Integral de Residuos por parte de los ayuntamientos participantes. También promueve la redacción y aprobación de Reglamentos municipales para ordenar jurídicamente el manejo de residuos sólidos.

De acuerdo con Galván [4] los logros más relevantes del SIMAR Sureste son los siguientes:

1. Entrega de cinco unidades recolectoras con capacidad de 3 toneladas en el 2009
2. Entrega de 12 unidades recolectoras de diversas capacidades en el 2010
3. Entrega de cinco unidades recolectoras de diversas capacidades en el 2011
4. Puesta en marcha del Primer Programa Intermunicipal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sureste, 2009-2016
5. Cierre de cinco vertederos a cielo abierto que operaban en la región
6. Recuperación del Relleno Sanitario de Mazamitla
7. Avance del 90% en construcción del Relleno Sanitario Intermunicipal SIMAR Sureste, con una inversión de 9.5 millones de pesos
8. Construcción y operación dos Plantas de Transferencia de Residuos
9. Programa de capacitación a funcionarios municipales de los nueve ayuntamientos
10. Programa de recolección y manejo de llantas de automotores
11. Campaña de separación de residuos intermunicipal
12. Aprobación y publicación de siete Reglamentos actualizados en materia de residuos
13. Talleres de educación ambiental para estudiantes de educación básica y media superior



14. Publicaciones sobre el tema de residuos sólidos

Como reconocimiento a la excelente labor del SIMAR Sureste durante los últimos 3 años, el CIDE le otorgó el Premio *Gobierno y Gestión Local 2011* [5].

2.3 La Asociación Intermunicipal del Lago de Chapala

El tercer organismo intermunicipal que ha surgido en años recientes es la Asociación Intermunicipal para la Protección del Medio Ambiente y el Desarrollo Sustentable del Lago de Chapala, mejor conocida como AIPROMADES. Esta asociación cuenta con la membresía de 16 ayuntamientos que se ubican en la cuenca del Lago de Chapala, estos son: Chapala, Jocotepec, Ixtlahuacán de los Membrillos, Jamay, La Barca, La Manzanilla de la Paz, Ocotlán, Poncitlán, Tizapan del Alto, Tuxcueca, Tototlán, Juanacatlán, Zapotlán el Rey, Degollado, Atotonilco el Alto y Ayotlán. Esta Asociación tiene su sede en la ciudad de Ocotlán y está conformada por un Consejo de Administración que integran los 16 presidentes municipales y la cuestión operativa y administrativa es delegada en un Consejo Técnico [7], [8].

La AIPROMADES tiene como objetivo central conjuntar esfuerzos y planear acciones de alcance regional para resolver la problemática de degradación ambiental que afecta al Lago de Chapala. Un objetivo particular se refiere a la contaminación asociada la disposición final de residuos sólidos municipales y a la gestión integral de residuos.

En el 2010 AIPROMADES estableció cuatro frentes de trabajo intermunicipal, a saber: Planeación y Ordenamiento Territorial; Cultura para la Sustentabilidad; Manejo de Recursos Naturales y Mejoramiento Ambiental; y Desarrollo Institucional. En ese marco se trabajó en tres objetivos específicos que son la capacitación de personal del ayuntamiento para la gestión ambiental, el fomento de la cultura del agua y manejo sustentable de residuos, y el manejo integral de residuos. En este año de 2010, la Asociación obtuvo y ejerció un presupuesto de 8 millones de pesos [7].

Parte de estos recursos los aportó el Gobierno del Estado de Jalisco, en un Convenio firmado en agosto del 2010 se identificaron 10 proyectos prioritarios para el ejercicio del recurso otorgado, entre los principales rubros están: ordenamiento ecológico territorial, programas de educación sobre cultura de sustentabilidad, capacitación profesional de funcionario en la gestión integral de residuos, infraestructura para la gestión integral de residuos, y otros relacionados con la gestión sustentable del recurso hídrico del Lago de Chapala [8].

Para el siguiente año, 2011, la AIPROMADES obtuvo un presupuesto de 100 millones de pesos, una buena parte de estos recursos se canalizaron a la mejora de la infraestructura para el manejo y la disposición final de residuos. Entre otros la compra de dos cajas o contenedores para transporte de residuos, construcción de un Relleno Sanitario para Jocotepec, la rehabilitación del sitio de disposición final en Tototlán, la construcción de una estación de transferencia regional, el cierre del vertedero de Tizapán El Alto y, por último la compra de una flotilla de 14 camiones para el servicio de recolección de residuos. La intención es que los municipios de la cuenca del Lago de Chapala mejoren sustancialmente el manejo de residuos y que la región se convierta en un modelo a seguir en gestión integral de residuos.

A principios del 2012 se hizo entrega de un parque vehicular para la recolección y transferencia de residuos sólidos, fueron entregadas 26 unidades con un costo reportado de 26 millones de pesos y que darán un mejor servicio a una población de 600 mil habitantes de 11 de los municipios que participan en la AIPROMADES. En la entrega de estas unidades nuevas, el Secretario de la SEMADES Jalisco, Dr. Héctor Gómez, declaró:

Para mí es un honor ser testigo de la entrega de este importante equipamiento que vendrá a eficientar (junto con las demás obras) que ha venido impulsando AIPROMADES, la



recolección de los residuos sólidos urbanos en estos municipios, fortaleciendo la gestión en la separación integral de dichos residuos [6].

Esta Asociación ha logrado consolidar una exitosa estrategia de gestión de recursos para sus proyectos y programas, con lo cual se renueva la infraestructura vehicular para la recolección de residuos, se instalan estaciones de transferencia, se promueve el aprovechamiento de residuos y el reciclaje, y se construyen rellenos sanitarios intermunicipales [7], [8]. Estas acciones resultan en una mejora importante en la gestión de residuos y contribuye de manera significativa al desarrollo regional sustentable.

4. Resultados y discusión

Los beneficios del asociacionismo intermunicipal son múltiples [1], [3], [4], [7]. Un grupo regional tiene más poder de negociación y gestión ante autoridades estatales y federales. Las experiencias muestran que se pueden obtener financiamiento para parque vehicular y maquinaria pesada, capacitación profesional, programas de educación ambiental, actividades de separación para el reciclaje, una mejor forma de comercializar subproductos y, sobre todo, un cambio muy positivo en la construcción y operación de rellenos sanitarios ambientalmente seguros. Además, el uso de los recursos es más transparente porque hay una mayor supervisión entre pares. Sin embargo, quizá el mayor impacto de la cooperación intermunicipal es que las políticas públicas y los programas de gobierno tienen un alcance regional, además de que se plantean a mediano plazo, más allá de las limitaciones tradicionales de un periodo trianual de las administraciones municipales.

5. Referencias Bibliográficas

[1] Zamora, Alonso (2011) “La cooperación entre municipios, una alternativa para el desarrollo rural sustentable”. Ponencia presentada en el *Foro de Cooperación Intermunicipal para el Desarrollo Sustentable*, Congreso del Estado de Jalisco, 21 de junio de 2011, Guadalajara. México.

[2] JIRA (2012), página web consultada el 12 marzo 2012, <http://www.jira.org.mx/>

[3] Bernache, Gerardo (2010) “La gestión de los residuos en los municipios de la cuenca del Río Ayuquila, Jalisco”. Ponencia presentada en el *Tercer Encuentro Nacional de Expertos en Residuos*, Universidad Autónoma Metropolitana – Azcapotzalco, del 9 al 11 de junio 2010, México, D.F.

[4] Galván Meráz, Francisco (2010) “Sistema Intermunicipal de Manejo de Residuos Sólidos”. Ponencia presentada en

[5] SIMAR Sureste (2012). Página web consultada el 15 de junio de 2012, <http://simarsureste.org/>

[6] Gobierno de Jalisco (2012). “Entregan camiones recolectores de residuos que beneficiarán a 600 mil habitantes de la ribera de Chapala”. Página web consultada el 15 de junio de 2012,

<http://noticiasdelgobiernodejalisco.blogspot.mx/2012/01/entregan-camiones-recolectores-de.html>

[7] AIPROMADES (2011) “AIPROMADES”, Página web consultada el 19 de mayo de 2011, http://www.chapala.gob.mx/sitioweb/index.php?option=com_content&view=article&id=59&Itemid=161

[8] AIPROMADES (2012) “Convenio con Gobierno del Estado de Jalisco”, Consultado en la página web <http://app.jalisco.gob.mx/PortalTransparencia.nst/TodosWeb/710C127A070B4B4862578ED00061DBA9>



La información y la participación de los estudiantes en el manejo de residuos sólidos universitarios (RSU) en la Facultad de Pedagogía, Región Poza Rica – Tuxpan.

¹Mariely Loya Velázquez, ²Ollin Yoliztli Blanco Cortés, ³Marcela Mastachi Pérez

^{1,2,3}Facultad de Pedagogía Calle 12 No. 215 Col. Cazonas, Poza Rica, Ver. México. Teléfono: 7828240539. Universidad Veracruzana

marielylove1@hotmail.com

Resumen

Uno de los problemas referido al deterioro ambiental y generado por el incremento de los residuos sólidos se debe a la falta de educación y responsabilidad para clasificarlos, aprovecharlos y convertirlos en nuevos materiales. Los residuos sólidos son consecuencia del excesivo consumo del hombre, por no tener conciencia de que al utilizarlos con frecuencia se está afectando al medio ambiente; su mal manejo ha provocado un grave deterioro a la naturaleza, contaminando el agua, el aire y el suelo. Las universidades juegan un papel muy importante en estos casos, pues al ser formadoras de profesionales pueden ayudar a la transformación de una sociedad que cuente con herramientas para un futuro sustentable y que pueda ser heredado de generación en generación. Ninguna Universidad de la zona norte cuenta con un programa para el manejo de Residuos Sólidos, recientemente la Facultad de Pedagogía de la UV empezó a llevar a cabo la separación de residuos sólidos universitarios, por lo que el interés del presente estudio es identificar el nivel de participación de los estudiantes en el manejo de estos residuos al mismo tiempo de valorar la información que tienen sobre este mismo manejo. La población en Pedagogía es de 607 estudiantes se trabajó una muestra representativa de 180 alumnos de los diversos semestres, a los cuales se les aplicó un cuestionario que consta de 15 preguntas con tres alternativas de respuesta. Con base a los resultados obtenidos tendremos la posibilidad de formular recomendaciones, sugerencias o recomendaciones en las acciones emprendidas

Palabras Clave: *Educadores ambientales, experiencia, interés.*

1. Introducción

En la actualidad tenemos grandes e importantes desafíos, en los que la sociedad en general y las instituciones educativas en particular deben enfrentar los retos presentes tales como: la globalización, crisis económicas, el deterioro ambiental (pérdida de biodiversidad, contaminación, cambio climático global, y erosión, entre otros), la disminución de la calidad alimentaria, la pobreza extrema y la rápida velocidad del avance tecnológico, entre muchos otros componentes.

Uno de los problemas referido al deterioro ambiental y generado por el incremento de los residuos sólidos se debe a la falta de educación y responsabilidad para clasificarlos, aprovecharlos y convertirlos en nuevos materiales.

Es por ello que la Universidad Veracruzana ha tomado como suyo el problema; por consiguiente con la creación del INREB (Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos) en 1975 esta institución ha tomado en cuenta la importancia del medio ambiente tanto que desde entonces, ha implementado estrategias y proyectos sobre la separación de residuos sólidos.



La Universidad cuenta ahora con varios programas académicos, centros especializados, institutos de investigación y organismos ligados a estos temas y una red estatal de observatorios metropolitanos, así como se ha puesto en marcha recientemente un Programa de Estudios de Cambio Climático.

Pero así como han existido varios planes hay que reconocer que no todos han sido satisfactorios y muchos han llegado al fracaso para esta casa de estudios. Por eso se hizo una iniciativa por parte de la Universidad Veracruzana que lleva por nombre Sistema de Gestión de Residuos (SIGER-UV) que pretende tomar en cuenta las fortalezas y ajustar las debilidades de las prácticas existentes. Su objetivo es lograr una interrelación armónica de todos los elementos necesarios para una gestión integral y adecuada de los residuos sólidos, teniendo como fin último la cero generación de estos.

La Universidad Veracruzana en la región Poza Rica – Tuxpan está tratando de implementar un programa piloto de Residuos Sólidos Universitarios para propiciar en la comunidad universitaria los hábitos del consumo responsable y la disminución de residuos sólidos para crear una conciencia ambiental. Por tanto abordaremos el tema de “La información y participación de los estudiantes de la facultad de Pedagogía en el manejo de Residuos Sólidos Universitarios”.

Del cual se desprenden las siguientes interrogantes ¿Los estudiantes tienen información sobre el manejo de Residuos Sólidos Universitarios que fomenten su participación? Y ¿Cual es la participación de los estudiantes de la Facultad de Pedagogía sobre el manejo de RSU? Con base en lo anterior se pretende: Identificar el nivel de participación de los estudiantes en el manejo de residuos sólidos universitarios en la facultad de Pedagogía; y, valorar la información que tienen los estudiantes sobre el manejo de RSU.

2. Desarrollo

En el Plan de estudios de la Licenciatura en Pedagogía se ofrece la experiencia educativa de Proyectos de Orientación Educativa Vinculados a la Comunidad, en modalidad práctica, cuyo objetivo es identificar y ayudar a resolver las problemáticas que tienen los diversos grupos de la sociedad, a través de técnicas, proyectos, actividades, información que le sean de utilidad para su mejoramiento. Al cursar esta experiencia educativa le permitiría al estudiante vivir un autoconocimiento, así como también integrarse en la participación que le permitiera establecer relaciones interpersonales significativas, aprendiendo de sí mismo y de las demás personas sobre diversos aspectos de la vida y del medio ambiente, todo esto le serviría al estudiante para relacionarlo con su labor como Orientador Educativo hacia los diversos problemas que hay en la sociedad.

Es en éste marco de formación nace el Proyecto FOCULIMP 2008 (FOMENTO DE CULTURA DE LIMPIEZA EN PEDAGOGÍA) fue el inicio para impulsar la concientización en los jóvenes de Pedagogía, lo esencial era rescatar la importancia de que el Pedagogo promoviera un ambiente limpio y los alumnos podrían llevar esta información a su casa y así ellos impulsarían un ambiente limpio y ordenado dentro y fuera de la institución.

Se planificaron actividades de concientización, descacharrización, fomento a la limpieza, entre otras, que se implementaron dentro de la Facultad de Pedagogía en el Programa FOCULIMP. Dicho programa se implementó desde el año 2008 a 2010, año en que se conforma en Humanidades el Consejo Regional hacia la Sustentabilidad, apoyándose en el Plan Maestro [1] que emerge como una propuesta conceptual y política que integra tres dimensiones: la económica, la ecológica y la social, y constituye el resultado de un intenso esfuerzo por construir una visión integral sobre los problemas [2]. Que tiene a su vez tres ejes rectores, que son El Sistema Universitario de Manejo Ambiental (SUMA), Comunicación, Participación y Educación de la Comunidad Universitaria



(COMPARTE) y la Dimensión Ambiental para la Sustentabilidad en la Investigación y en la Formación Técnica, Profesional y de Posgrado (DISCURRE).

El Plan Maestro para la Sustentabilidad de la UV (PlanMaS), representa para la CoSustenta UV nuestro plan a seguir, y que en la marcha seguramente será enriquecido por la comunidad universitaria. Así, este PlanMaS deberá traducirse en un plan de trabajo adaptativo, en el que las acciones y sus procesos se adecuen en la marcha para el logro de las metas y evaluación permanente de las mismas. Es por ello que dicho plan se renovó para el periodo 2010 – 2013.

En la Universidad Veracruzana Facultad de Pedagogía se están llevando a cabo actividades que suelen basarse en las normas establecidas dentro del plan maestro, de Sustentabilidad de la Universidad Veracruzana; las cuales mencionaremos a continuación:

- taller de reutilización.
- clasificación de residuos.
- venta de Pet, esto es: derivado de la separación de residuos y, con base en un acuerdo con una empresa regional, se les venden las botellas de plástico (Pet) ya limpias para su reutilización.
- foro para dar a conocer del tema.
- difusión.
- ir a escuelas a dar talleres.
- colocación de contenedores de hojas usadas.

Es por esto que podemos decir que en la Facultad de Pedagogía Región Poza Rica – Tuxpan se llevan actividades que se contemplan dentro del manejo de residuos sólidos urbanos. Sin embargo dentro de esta institución se les denomina Residuos Sólidos Universitarios (RSU) porque son los generados en las instalaciones de la Facultad o bien de la Universidad, resultado de la eliminación de los materiales que se utilizan en la actividades escolares, de los productos que consumen los estudiantes y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro del establecimiento que generen residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las aulas y pasillos así como el aseo de los sanitarios.

2.1 Metodología

El diseño de esta investigación es de corte cuantitativo, este tipo de investigación tiene como objetivo indagar la incidencia de los valores en que se manifiesta una o más variables. El procedimiento consiste en medir o ubicar el grupo de personas u objetos, en diversas situaciones y fenómenos en una variable. En este caso el fenómeno a estudiar es la información y participación de los estudiantes sobre el manejo de los Residuos Sólidos Universitarios.

Como menciona Hernández Sampieri [3] el corte cuantitativo usa la recolección de datos para probar hipótesis con base a la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probatorias. Nos ofrece la posibilidad de generalizar los resultados más ampliamente, nos otorga control sobre los fenómenos así como un punto de vista de conteo y las magnitudes de este.

Por lo antes mencionado la técnica que se utiliza para realizar la presente investigación es la encuesta, debido a que es una técnica cuantitativa que “consiste en recopilar información sobre una parte de la población denominada muestra, la información recogida podrá emplearse para un



análisis cuantitativo con el fin de indicar y conocer la magnitud de los problemas que se suponen o se conocen en forma parcial o imprecisa” [4].

El instrumento a emplear para levantar la encuesta es el cuestionario, el cual constó de 15 preguntas con tres alternativas de respuestas referentes al tema de investigación, ya que es uno de los instrumentos más importantes para perfeccionar el poder de observación. Tiene por objeto definir los puntos pertinentes de la encuesta, procurar la respuesta de dichos puntos, y uniformar la cantidad de información solicitada y recopilada [5]. La muestra representativa de estudiantes universitarios fue de 180, calculada con la fórmula para estudios complejos [4].

3. Resultados

El mundo está en un proceso constante de deterioro y si no actuamos ahora mismo para revertir ese daño que hemos causado dentro de muy poco tiempo vamos a sufrir más las afectaciones que ya estamos viviendo, como el calentamiento global, la excesiva acumulación de basura que provoca focos de infección.

La tarea de la educación ambiental es de reorientar la ética de las relaciones humanas con la tierra para así tener un beneficio y tener confianza de poder vivir en un futuro más sano. Sin embargo en las instituciones educativas no siempre se fomenta una educación ambiental, esto nos coloca en una situación difícil ya que lamentablemente se carece de valores para mejorar nuestro entorno y conservar el ambiente.

La practica ambiental en cuestiones escolares se limita a la enseñanza de la ecología por lo tanto los alumnos no tienen el conocimiento suficiente para participar en las acciones en beneficio del ambiente y la reducción de residuos, contribuyendo a la generación de mayores cantidades de basura.

Con base al resultado obtenido de la aplicación del instrumento de investigación, las conclusiones a las que se llegaron fueron las siguientes: basándonos en las respuestas de los alumnos, vemos que el 71% del alumnado Figura 1 siendo la mayoría, posee muy poca información del Manejo de Residuos Sólidos Universitarios, lo que demuestra el bajo conocimiento en cuanto a éste tema.

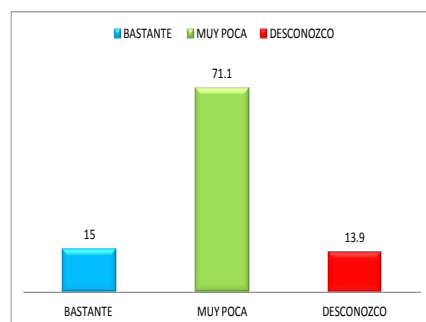


Figura 1. Información sobre el manejo de residuos sólidos



Sin embargo se verifica el alto interés de parte de los alumnos en participar en actividades que tengan que ver con los Residuos Sólidos Figura 2, pues el 61% de ellos dice estar totalmente dispuesto a hacerlo y el 35% de los alumnos han observado que existe una minimización de residuos.

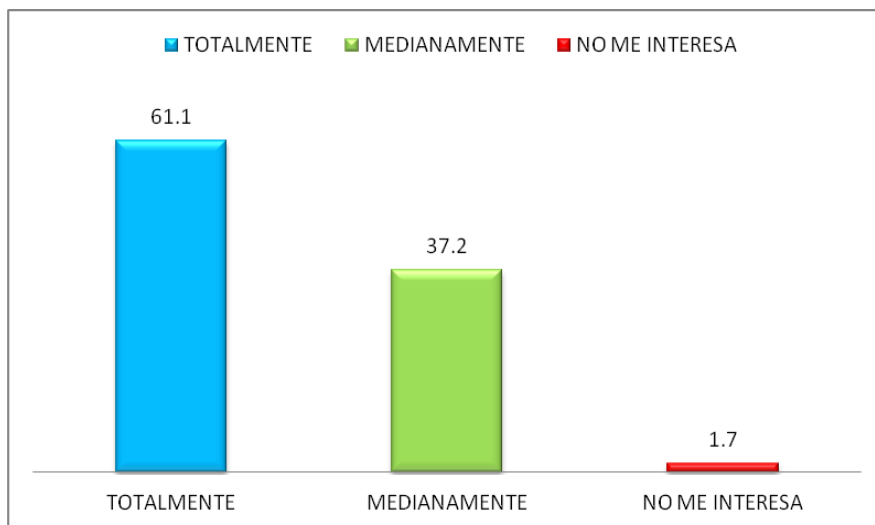


Figura 2. *Interés por participar en actividades de manejo de RSU*

Cabe resaltar que el 92% de los estudiantes siendo estos la mayoría les gustaría que se implementara un programa de manejo adecuado de Residuos Sólidos Universitarios Figura 3.

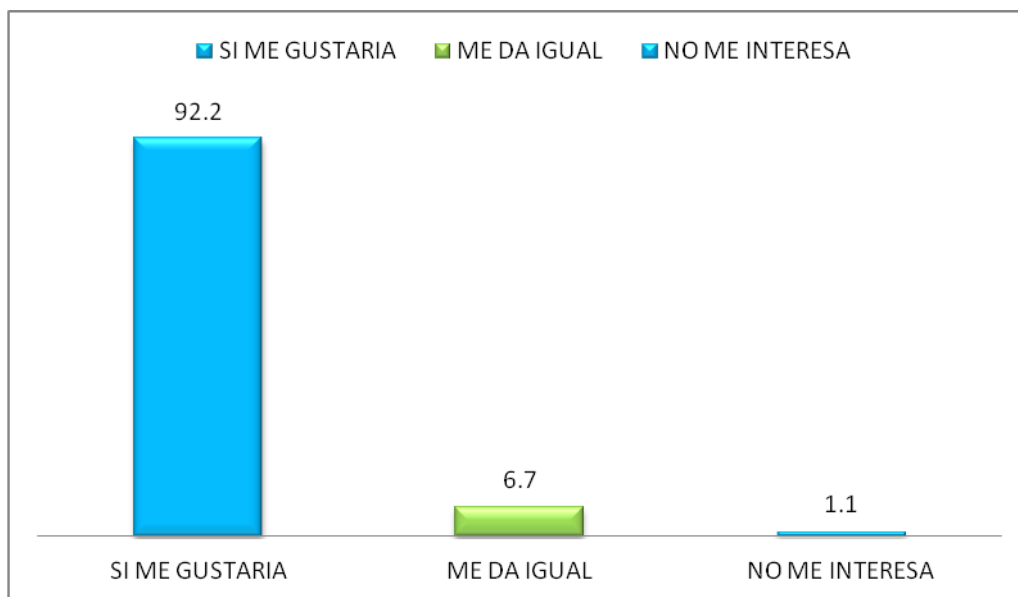


Figura 3. *Gusto por la implementación de un programa para el manejo de RSU*

4. Conclusiones

Debido al análisis de la información recabada se puede llegar a la conclusión de que los alumnos cuentan con poca información que los empape de conocimientos en cuanto al manejo de Residuos



Sólidos, el nivel de participación es muy bajo pues son pocos los eventos y talleres llevados a cabo para promover la participación de los alumnos en la Facultad y lamentablemente no todos se han dado cuenta de la realización de actividades para la minimización de Residuos, este nivel de participación es debido a una falta de difusión de actividades y a la poca información que se proporciona del tema.

Es por esto que se puede decir que si los alumnos de la Facultad de Pedagogía contarán con más información del manejo de residuos sólidos mayor sería su participación. Ya que ellos mismos dicen que por la escasa información que tienen por eso no participan ni se motivan por involucrarse en las actividades, esto no quiere decir que no estén dispuestos a participar, al contrario ellos quisieran participar involucrándose en las actividades que se propongan.

Esta nueva propuesta busca promover la educación ambiental y hacernos partícipes de este problema pero que no tan solo se quede aquí en la facultad sino que trascienda hasta nuestros hogares, lugares de trabajo, de esparcimiento o de interacción social, brindándoles herramientas suficientes para hacer frente a dicho problema que se pueda presentar a lo largo de su vida diaria; que todo lo aprendido en la Facultad sea aplicado a la realidad.

Con base en lo anterior, se hace necesario contar con un Programa de manejo adecuado de Residuos Sólidos en la Facultad de Pedagogía con el fin de llevar a cabo un plan de trabajo más organizado en tiempo y forma. Las recomendaciones que se hacen y que se considera deba tener dicho programa son las siguientes:

- Formar un equipo de trabajo para la organización de eventos.
- Difundir el Plan Maestro de Sustentabilidad para que los estudiantes se involucren más en hacer que la Universidad sea sustentable.
- Ofrecer información de cómo realizar el Manejo de Residuos sólidos Universitarios adecuadamente, visitando salón por salón con determinada frecuencia.
- Llevar a cabo foros en donde se les de a conocer el estado actual del medio ambiente.
- Realizar talleres con el fin de sensibilizar al alumnado sobre los problemas ocasionados por el inadecuado manejo de Residuos Sólidos.
- Realizar concursos y motivar a los estudiantes en participar, aportando ideas creativas, utilizando materiales rescatados en la clasificación de Residuos Sólidos.
- Invitar a los Docentes a que promuevan entre los estudiantes trabajos de investigación con relación al tema.
- Realizar una compostera y llevar a cabo compostaje. Enseñar a los alumnos como se hace la composta.
- Gestionar la instalación de bebederos en la Facultad de Pedagogía a fin de minimizar la compra de botellas de agua.

5. Referencias Bibliográficas

[1] *Plan maestro para la Sustentabilidad de la UV*. México consultado el 12 de marzo 2012.

en: <http://www.uv.mx/noticias/eventos/plan-maestro-sustentabilidad-web.pdf>



- [2] Jiménez Herrero, Luis M. *Desarrollo sostenible. Transición hacia la coevolución global*. Primera edición. 2000. Ed. Pirámide. Madrid. 296 páginas.
- [3] Hernández Sampieri, R. *Metodología de la Investigación*. Quinta edición. 2010. Ed. Mc Graw-Hill. México. 613 páginas.
- [4] Rojas Soriano, R. *Guía para la realización de Investigaciones Sociales*. Trigésima octava edición. 2010. Ed. Plaza y Valdés. México. 437 páginas.
- [5] Garza Mercado, A. *Manual de Técnicas de Investigación para estudiantes de Ciencias sociales*. Séptima edición. 2007. Ed. Colegio de México, México. 379 páginas.



Planes de manejo de residuos de generadores de alto volumen: El caso de la Central de Abasto del Distrito Federal, México

Rosalba Esther Morales Pérez, Rosa Laura Meraz Cabrera y Carlos Felipe Mendoza

Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo, IPN. 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

La Central de Abasto del Distrito Federal es el centro de distribución de alimentos más grande e importante del mundo. Comercializa 30% de la producción hortofrutícola y reporta un ingreso promedio de 30 mil toneladas de alimentos por día. Para 2009, registró una generación promedio diaria de 578.6 toneladas de residuos sólidos urbanos mezclados: i) 503.6, principalmente de los mercados de frutas y legumbres, y de flores y hortalizas, y ii) 75 de materiales factibles de reciclar recuperados por pepenadores. De acuerdo a la legislación ambiental local en la materia, la Central de Abasto es un generador de alto volumen y está obligada a instrumentar un plan de manejo de residuos aunque a la fecha no existen lineamientos ni normatividad en este sector para su cumplimiento. Al 2010, la Central de Abasto no contaba con dicho plan, manejaba los residuos mezclados y separaba en la fuente alrededor del 10% de la fracción orgánica. En este contexto, la investigación tuvo por objetivo la formulación de un plan de manejo de residuos para la Central de Abasto integrado por cinco líneas estratégicas a fin de establecer las bases para la separación de los residuos en la fuente y contribuir a su valorización. Las actividades realizadas fueron: i) el diagnóstico del manejo de los residuos, ii) el análisis de la problemática asociada al manejo de los residuos e identificación de los aspectos críticos, iii) la formulación del plan de manejo, y iv) la propuesta del plan de acción.

Palabras Clave: *Generadores de alto volumen, gestión de residuos, residuos de mercado, residuos orgánicos*

1. Introducción

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos [1], su Reglamento [2] y la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal (LRSDF) [3] y su Reglamento [4] constituyen el marco legal para los planes de manejo de residuos (PMR). De acuerdo a la LRSDF, un PMR es un instrumento cuyo objetivo es minimizar la generación y maximizar la valorización de los residuos sólidos urbanos (RSU) y de manejo especial con base en la separación en la fuente.

En la LRSDF, el artículo 3°, XVII, define como generadores de alto volumen (GAV) a las personas físicas o morales, que generen un promedio igual o superior a 50 kg/día de residuos sólidos. Y establece que los GAV deberán de contar con un PMR. Sin embargo, para el caso específico del sector de mercados, siendo que éstos rebasan por mucho la generación indicada, en la actualidad la normatividad no cuenta con los lineamientos para la formulación de un PMR que promueva el cumplimiento de la Ley.

En el Distrito Federal (DF) operan diversos establecimientos con las características de sujetos obligados a formular PMR, como la Central de Abasto (CEDA) la cual se constituyó como un



fideicomiso el 7 de julio de 1981. Se localiza en la delegación Iztapala, en un área de 327 hectáreas ocupadas por el sector de mercados (siete): Frutas y Legumbres; Flores y Hortalizas; Abarrotes y Víveres; Jamaquita, Aves y Cárnicos; Subasta y Productores, y Envases Vacíos, y áreas administrativas y de servicios.

Durante 2009, de acuerdo a la información proporcionada por la Gerencia de Limpia, Transporte y Equipo, la CEDA generó un promedio de 578.6 ton/día de RSU, en su mayoría fracción orgánica (FO). En este trabajo la FO de los RSU corresponde a los residuos de frutas, legumbres, hortalizas, flores y follaje mezclada con residuos inorgánicos que los contaminan. Hasta diciembre de 2010, la CEDA no separaba sus residuos y la valorización se reducía en promedio a 65 ton/día del contenedor de lechugas del mercado de Hortalizas. Dicha cantidad, se envió a la planta de composta del relleno sanitario Bordo Poniente (RSBP) y el resto de los RSU mezclados a la estación de transferencia de Iztapalapa (ETI). A partir de 2011, la CEDA se vio obligada a implementar medidas de separación de sus RSU por el cierre del RSBP.

En el DF, para la valorización de los residuos orgánicos de alimentos, poda y animales, se aplica el método de tratamiento de compostaje [5] aunque no se cuenta con la normativa para dicho tratamiento ni para instalaciones de manejo. En el país, sólo el Estado de México ha publicado dos normas técnicas estatales, una para mejoradores de suelo [6] y otra para instalaciones de manejo de RSU [7]. Por lo que existen áreas de oportunidad en materia de normalización para la optimización del proceso [8]. La digestión anaerobia es otro método de tratamiento para la fracción de residuos de mercado empleada principalmente en la Unión Europea por su alta biodegradabilidad [9] para la generación de biogás [10], [11] la cual no se aplica aún a los residuos de los mercados en México.

1.1 Objetivo

Se planteó la formulación de un PMR para el manejo integral de los RSU en la CEDA.

Como objetivos particulares: i) realizar un diagnóstico del manejo actual de los RSU generados, ii) identificar los aspectos críticos resultado del diagnóstico, iii) diseñar las estrategias del PMR, y iv) proponer un plan de acción (PA).

2. Desarrollo

Dado que a la fecha no se han emitido las disposiciones y lineamientos para la formulación de PMR para GAV, tal cual lo establece el artículo 22 de la LRSDF se tomó como referente la Guía Metodológica para la Preparación de Planes Directores de Manejo de Residuos Sólidos Municipales en Ciudades Medianas [12].

2.1 Diagnóstico

Los principales aspectos del diagnóstico incluyeron: i) definir el perfil del área de estudio, ii) analizar el sistema de manejo de RSU en la CEDA, e iii) identificar los aspectos críticos del sistema de manejo. Las actividades realizadas fueron:

- ✚ Análisis de la información para el año 2009, sobre la generación y composición en general y por mercado,
- ✚ Recolección de información a través de dos instrumentos previamente diseñados a fin de que la observación tuviera validez científica al ser sistemática y controlada [13]:
 - a) Guía de observación con el objetivo de conocer el manejo de los RSU en sus diferentes etapas y las condiciones en que se realizan: generación, almacenamiento temporal,



- segregación, barrido, recolección, transporte primario a la ETI, aprovechamiento, valorización, y envío a disposición final, y
- b) Guía de entrevista semiestructurada con ocho preguntas para conocer la opinión de autoridades, bodegueros, locatarios, permisionarios, pepenadores y personal administrativo sobre el manejo de los RSU y los beneficios de separar los RSU.
 - Realización de recorridos de campo en el sector de mercados, áreas administrativas y de servicios. Se llevaron a cabo durante los meses de septiembre a noviembre de 2010, al menos una vez a la semana,
 - Se realizaron 50 entrevistas durante los recorridos de campo, en su mayoría. No fueron grabadas y se respetó la identidad de los entrevistados a excepción de las autoridades, y
 - Registro de información de campo en libreta y posteriormente en una bitácora electrónica y registro fotográfico. Cabe subrayar que la confiabilidad y forma de control de datos se realizó por triangulación: revisión de fuentes documentadas, observación de campo, de las entrevistas con personal operativo e informantes.

2.2 Aspectos críticos en el manejo de los RSU en la CEDA

Para su identificación, se utilizó en forma parcial la metodología sugerida por la Guía para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Municipales [14].

2.2.1 Agrupación de los problemas identificados, de acuerdo a la etapa del manejo de RSU en donde se identificaron y las oportunidades de acción,

2.2.2 Identificación de los principales problemas de acuerdo a la afectación al sistema de manejo de los RSU,

2.2.3. Aplicación de la técnica de Árbol de Problemas [15] para el análisis causa – efecto de cada uno de ellos, y

2.2.4 Agrupación de los problemas principales en seis aspectos críticos.

2.3 Formulación del PMR y PA

Se definieron y desarrollaron cinco líneas estratégicas para dar solución a los aspectos críticos identificados resultado del diagnóstico. Cada una de ellas se divide en subprogramas, y para cada uno de éstos se establecieron: (i) objetivos, (ii) metas, (iii) acciones y, (iv) responsables.

El PA muestra de forma estructurada, clara y concisa las estrategias y sus subprogramas así como las acciones detalladas necesarias y su secuencia de realización para la ejecución de la solución elegida una vez analizado el problema, así como los responsables de ejecutarlas a corto, mediano y largo plazo.

3. Resultados y discusión

3.1 Aspectos críticos

3.1.1 Área técnico – operativa

El principal problema identificado es la falta de separación en la fuente, lo cual afecta a todas las etapas en el sistema de manejo de RSU. Asimismo, se carece de un inventario confiable de la cantidad y composición física de los residuos por punto de generación. El depósito mezclado de los RSU se hace en contenedores generales y en el suelo directamente. Por lo general, éstos y las áreas donde se ubican carecen de mantenimiento y limpieza. La cobertura en el sistema de recolección no



llega al 100% por la falta de planeación. La ETI, carece de instalaciones para el manejo separado de RSU (tolvas y cajas) y se identificó equipo fuera de operación (báscula y aspersores de agua).

3.1.2 Área económico – financiera

Antes del cierre del RSBP en el año 2011, la valorización de los RSU se calculaba en un 10% del total de la FO generada y de un estimado de 75 ton/día de materiales factibles de reciclar como: papel, cartón, periódico y plástico. Por su cuenta, algunos bodegueros del mercado de Aves y Carnícos comercializan residuos orgánicos. Sin embargo, se carece de un inventario ya que la valorización de los RSU no se percibe como una actividad que reditúe beneficios económicos.

3.1.3. Área de la salud

Se identificaron tres aspectos de impacto a la salud: (i) por falta de equipo de protección para el personal de limpia, (ii) a pepenadores quienes segregan los RSU y (iii) en menor grado a los usuarios de la CEDA y la población aledaña a la ETI por los olores desagradables. También se observa un manejo poco higiénico de productos hortofrutícolas de los puestos semifijos pues los productos se colocan en el suelo.

3.1.4 Marco regulatorio

La falta de aplicación y cumplimiento de la legislación ambiental se considera la causa principal del problema central. Las autoridades ambientales y de salud no realizan vigilancia en cuanto al manejo de RSU a centros de abasto y tampoco emiten la normatividad respectiva en materia de PMR para GAV. Además, para el fideicomiso no ha sido prioritario formular un PMR.

3.1.5 Área ambiental

Al interior de la CEDA, el manejo inadecuado de los RSU no representa un problema importante debido a que: (i) diariamente o cada tercer día se lleva a cabo la recolección de residuos para su envío a la ETI, y (ii) a que los RSU generados no están clasificados como peligrosos y que requieran de un manejo especial. Al exterior de la CEDA, los efectos se transfieren al sitio de disposición final.

3.1.6 Área social y comunitaria

La falta de educación ambiental es un problema que afecta a todo el sistema de manejo de residuos en la CEDA. Los diversos actores tiran los residuos al piso. Se reporta que clientes, bodegueros y locatarios introducen residuos generados en sus viviendas o resultado de la venta de productos fuera de la CEDA. La problemática se incrementa por la intensa actividad comercial durante el día; el número de usuarios, el tránsito vehicular y la falta de personal de vigilancia en materia de residuos.

La valorización de los RSU está basada en el sector informal de los pepenadores, quienes segregan los residuos y trabajan sin remuneración fija, en lo que se refiere a materiales reciclables. Realizan una importante labor: (i) separan la FO para consumo familiar, o bien, para comercialización, y (ii) contribuyen a disminuir el flujo de RSU a disposición final y el costo de manejo.

3.2 PMR y PA

El PMR contiene cinco estrategias, donde la educación ambiental y sus componentes representan estrategia principal. Su importancia radica en que: (i) constituye la base para la instrumentación de las actividades contenidas en cada una de las otras estrategias, (ii) debe ser una constante en la



gestión integral de los RSU, (iii) debe ser abordada en todos los niveles para la implementación del PMR, y (iv) debe involucrar a todos los actores relacionados con la gestión [16] Tabla 1.

Tabla 1, Estrategias y subprogramas del plan de manejo

Estrategias	Subprogramas
1. Comunicación y educación ambiental	Comunicación Educación ambiental
2. Separación en el origen	Almacenamiento Separación y depósito Sector informal Recolección selectiva
3. Valorización de la fracción orgánica: tecnologías alternativas	Inventario de residuos Investigación científica y tecnológica para la valorización de la fracción orgánica
4. Coordinación interinstitucional	Fortalecimiento interinstitucional
5. Vigilancia	Monitoreo

En el PA, se presentan las actividades a realizar en el corto (un año), mediano (2-4 años) y largo plazo (5 años en adelante). Para el primer año se propone la planeación de la campaña de comunicación y educación ambiental; la definición de indicadores; el diseño e instrumentación de los programas de mantenimiento y seguridad e higiene así como el inicio del inventario de RSU separados. En el segundo año se establece dar inicio a la campaña, aplicar los procedimientos y su seguimiento. Del quinto año en adelante se propone concretar proyectos de investigación para la valorización de RSU y la gestión de recursos.

4. Conclusiones

Para lograr una gestión integral en materia de RSU se requiere de la colaboración de todos los actores involucrados a fin de dar cumplimiento a los principios que establece nuestra legislación. Específicamente, una planeación que vaya más allá de los periodos administrativos de los gobiernos locales. Así como crear una sinergia entre los diferentes sectores de la sociedad. A las autoridades compete: (i) establecer un manejo integral de residuos eficiente y eficaz, (ii) asegurar la infraestructura necesaria para llevar a cabo la separación de los RSU en dos fracciones y apoyar a los GAV, (iii) cristalizar un proyecto integral para el manejo de RSU, (iv) realizar actividades de vigilancia y monitoreo, y (v) realizar junto con instituciones de investigación superior estudios integrales sobre las tecnologías más adecuadas para la valorización de la FO y sobre la viabilidad de comercializar los productos resultantes. Finalmente, trabajar en la emisión de lineamientos requeridos para subsanar el vacío existente en la legislación que fundamente los aspectos anteriores.

Por su parte, el sector privado debe tomar conciencia de los beneficios al medio ambiente derivados del cumplimiento de sus obligaciones. En el caso de la CEDA, aunque a la fecha ya se formuló el



PMR, no ha sido posible implementarlo debido a posibles cambios en la administración del fideicomiso.

Referencias Bibliográficas

- [1] DOF. *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. Del 8 de octubre. 2003. Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación del 19 de junio de 2007.
- [2] DOF. *Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. 2006. Diario Oficial de la Federación de noviembre 30.
- [3] GDF. *Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal*. Gaceta Oficial del Distrito Federal del 22 de abril. 2003. Última reforma publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal del 23 de Diciembre de 2010.
- [4] GDF. *Reglamento de la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal*. Gaceta Oficial del Distrito Federal del 7 de octubre. 2008. Última reforma publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal del 23 de diciembre de 2008.
- [5] Rodríguez, M. A., Córdova y Vázquez, A. *Manual de compostaje municipal. Tratamiento de residuos sólidos urbanos*. 2006. (5 de junio de 2012)
<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd68/compsmuni.pdf>
- [6] SMA-EDOMEX. *Norma Técnica Estatal NTEA-006-SMA-RS-2006*. 2007. (24 de junio de 2012)
<http://www.edomex.gob.mx/legistelfon/doc/pdf/gct/2009/may211.PDF>
- [7] SMA-EDOMEX. *Norma Técnica Estatal NTEA-010-SMA-RS-2008*. 2009. (24 de junio de 2012)
<http://www.edomex.gob.mx/legistelfon/doc/pdf/gct/2009/may211.PDF>
- [8] Komilis, D. P., Ham, R. K., Park, J. K. "Emission of volatile organic compounds during composting of municipal solid wastes". *Water Research*. Vol. 38. 2004. pp. 1707–1714.
- [9] Ponsá, S. Gea, T. Sánchez, A. "Different Indices to Express Biodegradability in Organic Solid Wastes". *J. Environ. Qual.* Vol. 39. 2010. pp 706-712.
- [10] Mata-Alvarez, J. Llabrés, P. Cecci, F. Pavan, P. "Anaerobic Digestion of the Barcelona Central Food Market Organic Wastes: Experimental Study". *Bioresource Technology*. Vol. 39. 1992. pp 39-48.
- [11] Bouallagui, H. Touhami, Y. Cheikh, R. B. Hamdi, M. "Bioreactor performance in anaerobic digestion of fruit and vegetable wastes. Review". *Process Biochemistry*. Vol. 40. 2005. pp. 989-995.
- [12] OPS. *Guía Metodológica para la Preparación de Planes Directores de Manejo de los Residuos Sólidos Municipales en Ciudades Medianas*. 2002. (15 de junio de 2012)
<http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/guiaresiduos.pdf>
- [13] Del Cid, A. Méndez, R. Sandoval, F. *Investigación. Fundamentos y metodología*. Segunda edición. 2011. PEARSON EDUCACIÓN. México. 219 páginas.
- [14] SEMARNAT. *Guía para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Municipales*. 2001. (16 de junio de 2012)
http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/descarga.html?cv_pub=344&tipo_file=pdf&filename=344

[15] Municio, P. *“Herramientas para la evaluación de la calidad”*. Tercera reimpresión. 2007. Wolters Kluwer España, S.A. Madrid, España. 200 páginas.

[16] GDF. *Programa de Gestión Integral de los Residuos Sólidos 2009-2014*. Gaceta Oficial del Distrito Federal No. 925 del 13 de septiembre. 2010.



Diagnóstico básico para la gestión integral de residuos en el Estado de Veracruz, México, 2012

José Feliciano Pérez Romero

Universidad Anáhuac, Xalapa
Maestría en Política, Gestión y Derecho Ambiental
Circuito Arco Sur s/n Col. Lomas Verdes, Xalapa, Veracruz, México, C.P. 91097
Teléfono y Fax 52 (228) 819 1515 | Lada sin costo 01800 711 4659
jfeliciano.perez@conanp.gob.mx

Resumen

Este trabajo es un resumen del diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos en el Estado de Veracruz. Enfoca diferentes aspectos de los residuos como son: el análisis de la generación, la composición porcentual, la organización y operación actual del servicio de aseo urbano, así como los sistemas de planeación y el marco legal aplicable; asimismo pretende evidenciar los principales problemas en materia de residuos de la entidad, esperando que esta información pueda ser de utilidad para otras aplicaciones.

Palabras clave: *Legislación, gestión, manejo, generación y composición.*

1. Introducción

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) publicada el 8 de octubre de 2003, establece en su artículo 26, capítulo I, título cuarto que “las Entidades Federativas y los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, deberán elaborar e instrumentar los programas locales para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbano (RSU) y de Manejo Especial (RME), de conformidad con la presente Ley, con el *Diagnóstico básico para la gestión integral de residuos* y demás disposiciones aplicables”[1]. En consecuencia y con el objeto de contar con el instrumento para dar cumplimiento al compromiso mencionado, el presente trabajo busca elaborar un diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos, que de acuerdo a la LGPGIR es “el estudio que considera la cantidad y composición de los residuos, así como la infraestructura para manejarlos integralmente”.

1.1 Área de estudio

El Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, México; se encuentra ubicado entre la Sierra Madre Oriental y el Golfo de México, en las coordenadas geográficas 17° 03' 18" - 22° 27' 18" de latitud norte y los 93° 36' 13" - 98° 36' 00" de longitud oeste. Colinda al norte con el Estado de Tamaulipas, al este con el Golfo de México, al sureste con los Estados de Tabasco y Chiapas, al sur y suroeste con el Estado de Oaxaca, al oeste con el Estado de Puebla, al noroeste con los Estados de San Luis Potosí e Hidalgo. El Estado de Veracruz tiene una superficie de 72,410.05 km² cifra que representa el 3.7% de la superficie total del país [2]. Sus ríos más caudalosos son: Papaloapan (en primer lugar), Pánuco, Tuxpan, Balsas, Grijalva Usumacinta, Coatzacoalcos y Uxpanapa (en orden aleatorio). Sin embargo, solo Pánuco, Tuxpan-Nautla, Papaloapan y Coatzacoalcos son ríos navegables [3].



El Estado de Veracruz se encuentra situado en una zona tórrida, presenta un clima cálido en toda la costa; pero debido al relieve del suelo, tan variado, existen diferentes climas que van desde los cálidos húmedos, subhúmedos, semicálidos húmedos, templados, semifríos, fríos, y semisecos [4].

La población del Estado es de 7,643.194 habitantes; dividido en 3,695.679 hombres y 3,947.515 a mujeres. El promedio de ocupantes por vivienda habitada es de 3.8 %, y el promedio de edad media es de 27 años. La tasa de natalidad es de 17.2%. La población tiene una densidad de 106 hab./km² [5]. Según estadísticas se reporta que existen 2, 014,307 viviendas particulares y 281 viviendas colectivas, dando un total de 2, 014,588 viviendas habitadas [6].

Las principales actividades económicas del Estado de Veracruz son principalmente las primarias (agricultura, ganadería, caza y pesca) con el 35.73%, secundarias (minería, extracción de petróleo y gas natural, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción) con el 14.91%, y terciarias (comercio, transporte y comunicaciones, servicios financieros, de administración pública y defensa, comunales y sociales, profesionales y técnicos, restaurantes, hoteles, personal de mantenimiento y otros) con el 36.26 % [7].

Dentro de los tipos de vegetación que se desarrollan en el Estado, en orden decreciente de abundancia se encuentran: el pastizal con 44.98%, seguido de la agricultura con 31.76%, vegetación secundaria con 12.83%, otros tipos de vegetación con 1.99%, selva con 1.97% y el matorral xerófilo con 0.17 % [8].

2. Desarrollo

El primer paso que se dio en la investigación fue caracterizar y analizar la situación que guarda el Estado de Veracruz respecto a la gestión integral de los RSU, RME, RP, para realizar una prospectiva de los requerimientos en este sector. Se procedió a solicitar información en materia de residuos vía Infomex y/o a través de escritos libres, a la Secretaría de Medio Ambiente (SEDEMA) del Gobierno del Estado y a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) del Gobierno Federal. Por otra parte se realizó la búsqueda de información estadística publicada en las bases de datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), y de la SEMARNAT, entre otras. Se hizo una búsqueda exhaustiva de literatura en los registros de la Unidad de Servicios Bibliotecarios de la Universidad Veracruzana y en los registros de la Biblioteca de la Universidad Anáhuac, Xalapa.

Para el análisis de la legislación, se procedió a extraer los conceptos, competencias y atribuciones de los Poderes Ejecutivo y Legislativo de acuerdo a lo establecido por la legislación federal y estatal, así como la normatividad aplicable. De igual forma se procedió a la revisión de lo establecido en el Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y el Plan Veracruzano de Desarrollo 2011-2016.

Todo lo anterior se realizó para determinar: la generación de residuos, la composición porcentual, la organización y operación actual del servicio de aseo urbano (estructura organizacional y recursos humanos), así como el sistema de planeación (barrido, recolección, transporte, estaciones de transferencia, tratamiento, el sector informal, reciclaje, disposición final, clausura y uso final), y el marco legal aplicable. De tal manera que se ha elaborado este estudio, que corresponde a un diagnóstico que concentra información obtenida de diversas fuentes documentales; es importante establecer que no se han llevado a cabo trabajos de campo tales como muestreos de generación, ni verificación de datos en las fuentes generadoras o con los integrantes de la infraestructura disponible para el manejo de los residuos en Veracruz.



3. Resultados y discusiones (diagnóstico básico para la prevención y gestión integral de los residuos)

3.1 Residuos sólidos urbanos (RSU) y residuos de manejo especial (RME)

En cuanto a la generación de RSU en el Estado de Veracruz, se reportó un total de 6, 935.63 toneladas diarias, ocupando el 3er lugar a nivel nacional en este rubro, situación que se encuentra estrechamente ligada al número de habitantes en la entidad.

Respecto a la composición porcentual de los RSU y RME; la organización y operación de los servicios de aseo urbano; la infraestructura de recolección, transporte, estaciones de transferencia; las planillas de personal, rutas y frecuencia de recolección; el sector informal en los sitios de disposición final; y las empresas recicladoras del Estado de Veracruz, según datos de la SEDEMA, puede verse que aún no se cuenta con la información precisa en estos rubros, no obstante, se aludió a poder contar con estos datos una vez que se haga entrega del Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Veracruz, estudio que actualmente es realizado por una empresa privada [9].

Es importante mencionar que la SEDEMA, tomando en consideración el último conteo de primera fuente en el periodo que comprendió de febrero a mayo de 2011, contabilizó la existencia de un total de 707 vehículos de limpia pública y aseo urbano, esclareciendo que no fueron considerados aquellos de tracción animal (carretas) o aquellos que no son propiedad de los municipios de la entidad, pero que son rentados para brindar éste servicio (caso del municipio de Boca del Río, Veracruz.).

En lo que respecta a la información sobre los RME presentes en el Estado de Veracruz, de acuerdo con el artículo 9º, fracción I de la LGPGIR, el cual establece que es facultad de las Entidades Federativas, formular, conducir y evaluar la política estatal, así como elaborar los programas en materia de RME, acordes al Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, y considerando que la LGPGIR es relativamente nueva tras su publicación en el Diario Oficial de la Federación, el 8 de octubre de 2003, se adoptaron nuevos conceptos relacionados al manejo y clasificación de los RSU en nuestro país, como son la definición de residuos, la adecuación del Plan de Manejo, entre otros. Aunado a ello, fue adoptado el concepto de RME y que sustituye al concepto de residuos industriales no peligrosos, mismo que representaba una deficiencia legal, toda vez que consideraba exclusivamente al sector industrial, dejando de lado todos los residuos que ahora engloba el mismo concepto de RME. Debido a la reciente regulación de los RME, en la actualidad no se cuenta con datos acerca de los volúmenes de generación para ciertas clases de ellos. Según los reportes generales de la SEMARNAT [10] en el informe de la situación ambiental 2008, la mayor parte, 77%, corresponde a los residuos de la construcción y demolición provenientes de obras para viviendas comercios o la industria ; 18% a los lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales; 3% a los residuos generados por servicios de transporte (en su mayoría provenientes de terminales de pasajeros y actividades administrativas y comerciales, así como del movimiento de las unidades) y 2% a los que se generan en las unidades medicas.

Asimismo la SEDEMA resaltó la presencia de 12 empresas en el Estado que cuentan con los permisos de acopio, almacenamiento, reciclaje, remanufactura, tratamiento y/o disposición final de RME [11]. Con base en los reportes presentados por estas empresas a la SEDEMA, se determinó la cantidad de 12,405.685 toneladas de RME tratados en el periodo de 2010-11. Cabe mencionar que no se pueden considerar como la generación total, debido a que el número de empresas autorizadas



no representa al número total de empresas que brindan algún tipo de servicio o tratamiento a los RME en la entidad [12].

3.1.1 Sitios de disposición final

La NOM-083-SEMARNAT-2003 publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de octubre de 2004; es la encargada de establecer “las especificaciones de protección ambiental durante las etapas de selección, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitios de disposición final de RSU y RME”. De acuerdo a esta norma, los sitios de disposición final se pueden clasificar como sitios no controlados, sitios controlados y rellenos sanitarios [13].

En el Estado de Veracruz la disposición final de los RSU y los RME, se ha basado en confinarlos en sitios no controlados (tiraderos a cielo abierto), donde su existencia y operación se encuentran al margen de la legislación ambiental vigente, por lo que de acuerdo con información proporcionada por la SEDEMA, son motivo de clausura y sanciones administrativas por parte de la autoridad estatal competente. No obstante, según algunas estimaciones y pese a que diariamente aparecen o desaparecen éstos sitios de disposición final, se conoce que existen por lo menos 500 a lo largo y ancho del Estado [14]. Se han reportado hasta la fecha 28 sitios de disposición final controlados y/o rellenos sanitarios presentes en la entidad Veracruzana Figuras 1-2.

No.	RELLENO SANITARIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA		CATEGORÍA Y/O TIPO DE RELLENO SANITARIO
		Latitud Norte (N)	Longitud Oeste (W)	
1	Acayucan	18° 1' 54.4"	95° 8' 23.7"	Tipo B (de 50 a 100 ton/día)
2	Álamo – Temapache	20° 55' 58.2"	97° 37' 41.1"	Tipo B (de 50 a 100 ton/día)
3	Cerro Azul	21° 9' 27.4"	97° 42' 54.1"	Tipo C (de 10 a 50 ton/día)
4	Cosamaloapan	18° 20' 40.27"	95° 53' 19.39"	Tipo B (de 50 a 100 ton/día)
5	Coyutla	20° 14' 10.25"	97° 37' 59.12"	Tipo C (de 10 a 50 ton/día)
6	Emiliano Zapata	19° 25' 52.2"	96° 44' 32.7"	Tipo A (+ de 100 ton/día)
7	Huayacocotla	20° 28' 25.58"	98° 32' 51.23"	Tipo D (< 10 ton/día)
8	Ixhuatlán del Sureste	18° 0' 47.65"	94° 24' 5.37"	Tipo C (de 10 a 50 ton/día)
9	Lerdo de Tejada	18° 40' 32.9"	95° 28' 50.12"	Tipo C (de 10 a 50 ton/día)
10	Martínez de la Torre	20° 1' 39.8"	96° 59' 52.08"	Tipo B (de 50 a 100 ton/día)
11	Mecayapan	18° 11' 54.26"	94° 50' 2.89"	Tipo C (de 10 a 50 ton/día)
12	Medellín – Boca del Río	18° 53' 21.14"	96° 7' 33.35"	Tipo A (+ de 100 ton/día)
13	Naranjos – Amatlán	21° 18' 58.51"	97° 41' 33.9"	Tipo C (de 10 a 50 ton/día)
14	Nogales	18° 49' 23.12"	97° 12' 28.63"	Tipo A (+ de 100 ton/día)
15	Ozuluama	21° 37' 42.81"	97° 52' 22.1"	Tipo D (< 10 ton/día)
16	Pánuco	22° 5' 47.18"	98° 7' 28.83"	Tipo B (de 50 a 100 ton/día)
17	Poza Rica	20° 31' 48.5"	97° 24' 51.2"	Tipo A (+ de 100 ton/día)
18	San Andrés Tuxtla	18° 23' 51.8"	95° 14' 20.4"	Tipo B (de 50 a 100 ton/día)
19	San Rafael	20° 13' 36.6"	96° 56' 11.4"	Tipo C (de 10 a 50 ton/día)
20	Tampico Alto	22° 8' 7.25"	97° 48' 33.85"	Tipo C (de 10 a 50 ton/día)
21	Tecolutla	20° 32' 2.2"	97° 8' 1.5"	Tipo C (de 10 a 50 ton/día)
22	Tempoal	21° 25' 9.83"	98° 21' 49.50"	Tipo C (de 10 a 50 ton/día)
23	Tierra Blanca	18° 24' 28.47"	96° 20' 36.33"	Tipo B (de 50 a 100 ton/día)
24	Tihuatlán	20° 44' 9.38"	97° 34' 14.88"	Tipo B (de 50 a 100 ton/día)
25	Tuxpan	20° 52' 35.28"	97° 26' 25.21"	Tipo A (+ de 100 ton/día)
26	Veracruz	19° 15' 0.71"	96° 18' 0.0"	Tipo A (+ de 100 ton/día)
27	Villa Aldama	19° 38' 29.9"	97° 14' 13.2"	Tipo D (< 10 ton/día)
28	Xalapa	19° 34' 41.42"	96° 53' 21.04"	Tipo A (+ de 100 ton/día)

Figura.1. Ubicación geográfica de los sitios de disposición final (rellenos sanitarios) en el Estado de Veracruz.

En relación al volumen y composición de residuos recibidos en los 28 sitios de disposición final (rellenos sanitarios), la SEDEMA no contempla ningún instrumento normativo mediante el cual se obligue a los sitios de disposición final a llevar un control y/o reporte sobre la composición porcentual de los RSU que manejan y/o disponen; por lo que no existe información respecto a este rubro. Asimismo, cabe mencionar, que se desconoce el número preciso del total de centros de acopio de subproductos y centros de acopio de la sociedad civil presentes en el Estado [15].



Figura. 2. Imagen geográfica de los sitios de disposición final (rellenos sanitarios) en el Estado de Veracruz.



3.1.2 Clausura y uso final

De acuerdo con la legislación ambiental mexicana vigente (artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos), corresponde al Gobierno Municipal realizar la limpieza, recolección y disposición final de los RSU, incluyendo la clausura de los sitios, entiéndase por clausura: “sellado técnico del área de un sitio de disposición final después de la suspensión definitiva de la recepción de RSU y RME”. Desafortunadamente los municipios no cuentan con la infraestructura, personal, ni recursos económicos para poder cumplir con el apartado 9 de la NOM-083-SEMARNAT-2003.

A lo anterior se suma la problemática de la distribución de la tierra en la mayor parte del territorio nacional, ya que las autoridades municipales no cuentan con lugares propios, que podrían ser destinados como sitios de disposición final de RSU. Por estas razones es necesario reformar la legislación en materia de manejo integral de los RSU, a fin de que los municipios sean capaces de realizar un manejo integral de residuos y, con ello, la SEDEMA pueda disponer de información referente a las clausuras y programas de monitoreo que se hayan efectuado en los sitios de disposición final clausurados y saneados [16].

3.2 Residuos peligrosos (RP)

El estudio revela que a la fecha se estima una generación de RP aproximadamente de: 239, 41 toneladas que corresponden a 1184 empresas microgeneradoras; 2.499,37 toneladas que corresponden a 796 empresas pequeñas generadoras y 18, 920,00 toneladas correspondientes a 200 empresas con categoría de grandes generadoras, dando una generación total de 21, 658,78 toneladas correspondientes a 2,180 empresas durante el periodo de 2004 a marzo de 2011, aproximadamente.

Los RP, según el sector de actividad económica (durante el periodo 2004 a marzo de 2011), fueron generados de las empresas registradas en el Padrón de Generadores de la SEMARNAT; encontrándose en primer lugar aquellos generados en el sector de Servicios PS GRP con 9.336,86 ton, seguido del sector Petrolero y Petroquímica con 5.624,32 ton, Metalúrgico con 1.681,66 ton, Químico con 1.079,41 ton, y Alimenticio con 1.020, 25 ton.

Entre las estimaciones más representativas de los RP generados por las referidas empresas, están en primer lugar los aceites gastados (8.254,82 ton), seguido de los residuos sólidos conteniendo metales pesados (6.725,6 ton.), de los cuales algunos por ser organoclorados demandan particular atención; los lodos de pinturas (1.884,86 ton.), y por último las escorias con metales pesados (1.651,82 ton.). [17]

Entre las modalidades más frecuentes de manejo se encuentran: la recuperación de energía en hornos rotatorios; la recuperación de metales por fundición, la destilación y evaporación de solventes; el tratamiento físico en el siguiente orden: por sedimentación, espesado de lodos, destilación, extracción con disolventes, centrifugación, coagulación, evaporización y filtración; y el tratamiento químico principalmente por neutralización, seguido por esterilización y/o solidificación, y reducción.

Referente a los contratos y convenios suscritos para la prevención y gestión integral de residuos en el año 2011 entre la Federación, el Gobierno del Estado de Veracruz y los Municipios que lo conforman; la SEMARNAT informó que en lo que va de este año no se firmó convenio u contrato alguno para el manejo integral de residuos, conforme se establece en los artículos 9º fracción V; 12º y 13º de la LGPGIR [18].



Finalmente, en materia de permisos y autorizaciones otorgados en 2011 por el Gobierno Federal para dar el manejo de RP en las modalidades de centros de acopio, reutilización, reciclado co-procesamiento, tratamiento, tratamiento mediante inyección profunda, incineración, tratamiento de suelos contaminados, disposición final, transporte, sistemas de recolección y transporte de microgeneradores; la SEMARNAT reportó 14 autorizaciones en sus diferentes modalidades otorgadas en 2011 para la entidad [19].

4. Conclusiones

Actualmente existen algunas acciones encaminadas a mitigar el problema de los residuos en el Estado de Veracruz, sin embargo, resulta indispensable que el sector de los residuos sea reconocido y visualizado como un escenario económicamente viable, con los objetivos, recursos y restricciones que le son particulares.

Se requiere una definición y separación clara de las funciones que deben ejercer los distintos organismos involucrados para la adecuada organización institucional, y con ello, evitar la superposición, evasión o vacío de competencias.

Es necesario un sistema moderno y profesional, así como dar mantenimiento a los equipos existentes y ofrecer condiciones seguras de empleo para los trabajadores del servicio.

De igual forma se requiere la elaboración del Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos en el Estado de Veracruz, así como crear un programa de colecta selectiva o separación de residuos en combinación con tecnologías de extracción de biogás, mismo que puede ser una alternativa sostenible para promover nuevos nichos de mercado que favorezcan a los distintos sectores de la sociedad y beneficien económicamente y socialmente a los actores del ciclo del sistema de aseo urbano. Se recomienda dar continuidad a los programas de capacitación, desarrollo tecnológico e impulso al sector académico e institucional.

Finalmente es primordial atender al desarrollo institucional, contar con una política integral para el manejo de los residuos, modificar y/o fortalecer el marco legal (jurídica y técnicamente), así como mejorar e implementar un sistema de información en todos los casos.

5. Referencias Bibliográficas

- [1] Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 08 de 2003. Artículo 26, Capítulo I, Título Cuarto.
- [2] a/ Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI /Marco Geoestadístico Municipal. Año 2010, versión 4.3.

b/ Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI /Dirección General de Geografía. Superficie del País por Entidad y Municipio. Año 2000. Inédito. (Fecha 17 de mayo de 2011) en <http://www.inegi.org.mx>
- [3] Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI /Censo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Hidrológica de Aguas Superficiales, 1:250 000, serie I. INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1:250 000 serie II. (Fecha 17 de mayo de 2011) en <http://www.inegi.org.mx>
- [4] Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal INAFED/ Información por Entidad, Veracruz Ignacio de la llave. Año 2005. (Fecha 15 de abril de 2011) en <http://www.local.gob.mx/work/templates/enciclo/veracruz/>



- [5] Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI/ Dirección General de Estadísticas Sociodemográficas. Censo de Población y Vivienda. Año 2012. (Fecha 17 de mayo de 2011) en <http://www.inegi.org.mx>
- [6] Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI/ Dirección General de Estadísticas Sociodemográficas. Censo de Población y Vivienda. Año 2010. (Fecha 25 de mayo de 2011) en <http://www.inegi.org.mx>
- [7] Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI. Año 2010. (Fecha 25 de mayo de 2011) en <http://www.inegi.org.mx>
- [8] Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI/ Dirección General de Estadísticas Económicas. Uso del Suelo y Vegetación. Periodo de observación de 2000-2005. (Fecha 25 de mayo de 2011) en <http://www.inegi.org.mx>
- [9] Gobierno del Estado de Veracruz - Secretaría de Medio Ambiente / Dirección General de Control de la Contaminación y Evaluación Ambiental. (Fecha 02 de diciembre de 2011). Solicitud de Información vía sistema INFOMEX. Oficio SEDEMA/UAIP-097/2011. pp. 1-2.
- [10] Sedas Larios E. E. J. (2010). Antología para el Módulo de Tratamiento Legal de los Residuos y Contaminantes de Suelo. Universidad Anáhuac, Xalapa. México. pp. 32-33.
- [11] Gobierno del Estado de Veracruz - Secretaría de Medio Ambiente / Dirección General de Control de la Contaminación y Evaluación Ambiental. (Fecha 08 de febrero de 2012). Solicitud de Información vía sistema INFOMEX. Oficio SEDEMA/UAIP-013/2012. pp. 3.
- [12] Gobierno del Estado de Veracruz - Secretaría de Medio Ambiente / Dirección General de Control de la Contaminación y Evaluación Ambiental. (Fecha 26 de abril de 2012). Solicitud de Información vía sistema INFOMEX. Tarjeta número, DGCCEA/761/2012; Recurso de Revisión no. PF00021512. pp. 2.
- [13] NORMA Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección de sitios, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el miércoles 20 de octubre de 2004. pp. 4-5.
- [14] Gobierno del Estado de Veracruz - Secretaría de Medio Ambiente / Dirección General de Control de la Contaminación y Evaluación Ambiental. (Fecha 02 de diciembre de 2011). Solicitud de Información vía sistema INFOMEX. Oficio SEDEMA/UAIP-097/2011. pp. 4.
- [15] Gobierno del Estado de Veracruz - Secretaría de Medio Ambiente / Dirección General de Control de la Contaminación y Evaluación Ambiental. (Fecha 26 de abril de 2012). Solicitud de Información vía sistema INFOMEX. Tarjeta número, DGCCEA/761/2012; Recurso de Revisión no. PF00021512. pp. 1.
- [16] Gobierno del Estado de Veracruz - Secretaría de Medio Ambiente / Dirección General de Control de la Contaminación y Evaluación Ambiental. (Fecha 02 de diciembre de 2011). Solicitud de Información vía sistema INFOMEX. Oficio SEDEMA/UAIP-097/2011. pp. 4.
- [17] Gobierno Federal-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales/ Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas 2011. (Fecha 08 de febrero de 2012). Solicitud de información vía sistema INFOMEX. Oficio SEMARNAT/UCPAST/UE/132/12. pp. 1.
- [18] Gobierno Federal-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales/ Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas 2012. (Fecha 03 de febrero de 2012). Solicitud de información vía sistema INFOMEX. Oficio SEMARNAT/UCPAST/UE/147/12. pp. 1.
- [19] Gobierno Federal-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales/ Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas 2012. (Fecha 24 de mayo de 2012). Solicitud de información vía sistema INFOMEX. Oficio SEMARNAT/UCPAST/UE/12/663. pp. 3.



5° Encuentro Nacional de
Expertos en Residuos Sólidos.
Transformando residuos, construyendo sustentabilidad.



Gestión Integral de los RSU en la Universidad Autónoma de Nayarit

¹Claudia Estela Saldaña Durán, ²Irma P. Hernández Rosales, ³Sarah R. Messina Fernández

¹Universidad Autónoma de Nayarit, Ciudad de la Cultura Amado Nervo, 311 2 11 88 21, cesduran@uan.edu.mx.

Resumen

La universidad, por su vocación de generadora de conocimiento, por su valor crítico y por la formación de profesionistas en diferentes disciplinas, adquiere un significado y un papel fundamental en la sociedad del nuevo siglo XXI. En este contexto, el programa de gestión integral de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en la Universidad Autónoma de Nayarit se propone como un trabajo multidisciplinario en el que participarán los sectores de académicos, administrativos y estudiantes que conforman la comunidad universitaria, lo cual permitirá proponer prácticas probadas eficientes que faciliten el buen desempeño de un plan de manejo adecuado de residuos. Para ello se requiere un cambio de manera tal que, la universidad podrá estar en condiciones de insertarse en el proceso de desarrollo de nuestro país promoviendo activamente una cultura científica y tecnológica, así como los valores del crecimiento sustentable. Se realizó un diagnóstico de residuos donde los resultados muestran una generación diaria de 30 % materia orgánica, 50 % de inorgánicos, y 20 % de desechos sanitarios. De estos materiales se pueden recuperar 16.59 % de papel y cartón, 7.29 % de PET, 1.46 % de HDPE, 28.22 % de residuos de comida, 0.81 % de aluminio y 4.25 % de vidrio. Estos datos permiten determinar el potencial de reciclaje en la universidad. En cuanto a los residuos peligrosos y los biológico infecciosos no se tiene un manejo adecuado, es importante tomar en consideración esta acción. Se propone un programa piloto de separación selectiva de materiales recuperables, papel y cartón, PET, HDPE, residuos de comida, aluminio, y todos los vidrios con el objetivo de llevar a la universidad hacia la sustentabilidad ambiental.

Palabras Clave: *Caracterización de RSU, desarrollo sustentable, reciclaje.*

1. Introducción

La universidad, por su vocación de generadora de conocimiento, por su valor crítico y por la formación de profesionistas en diferentes disciplinas, adquiere un significado y un papel fundamental en la sociedad del nuevo siglo XXI. Para ello se requiere un cambio de esta manera, los egresados universitarios podrán estar en condiciones de insertarse en el proceso de desarrollo de nuestro país promoviendo activamente una cultura científica y tecnológica, así como los valores del crecimiento sustentable, la democracia, los derechos humanos y el combate a la pobreza, con miras a una sociedad global, armónica y solidaria en la que prevalezcan dichos principios. Este es un reto de emprender un proceso transformador en principios éticos, asumiendo actitudes de responsabilidad hacia la ordenación y mejora de nuestro entorno ambiental, una nueva forma de entendernos con nuestro planeta. En la Universidad Autónoma de Nayarit el ambiente aún no forma parte articulada e integrada de los referentes institucionales ni académicos como un eje transversal de la vida cotidiana institucional (universidad sustentable) ni como un elemento fundamental del egreso de los estudiantes que han de asumir responsabilidades profesionales y ciudadanas. Para ello la universidad debe construir escenarios viables en los diferentes componentes del ambiente como



agua, residuos, energías para superar condiciones de deterioro no sólo ambiental y social en la construcción de sociedades sustentables. El programa de Gestión Integral de RSU en la Universidad Autónoma de Nayarit se propone como un trabajo multidisciplinario en el que participarán los sectores académicos, administrativos y estudiantes que conforman la comunidad universitaria.

1.1 Situación Actual

El campus universitario cuenta aproximadamente con una extensión de 53 hectáreas, en la Ciudad de la Cultura Amado Nervo, cuenta con una población de 16269 universitarios, entre trabajadores, docentes y estudiantes. El manejo actual de los RSU en la universidad se realiza sin control en las diferentes fuentes de generación, produciendo una alta cantidad de desechos en masa. La disposición se lleva cabo en diferentes centros de acopio situados sobre las aceras principales y cercanas a las unidades académicas y administrativas. Cuenta con 20 centros de acopio ubicados en toda el área del campus, algunos espacios tienen tambos de metal de 200 litros, o en estos espacios se disponen bolsas negras o simplemente basura sin ningún empaque. La Basura se deposita en los centros de acopio en dos turnos, por la mañana de las 7:00 a las 9:00, y por la tarde de 16:00 a las 18:00 horas, pero por lo recorridos que se han realizado, se observa que no se respeta este horario pues siempre se encuentran bolsas de basura en estos espacios. Algunos de los métodos implementados en la universidad para la eliminación de los residuos es la incineración. En las unidades académicas y administrativas, cuentan con contenedores en sus espacios internos, y en las áreas de pasillos del campus con botes (contenedores) propios de formas diversas y colores. Estos contenedores, no presentan ninguna leyenda en cuanto algún control de los residuos. Los espacios de acopio en todo el campus, visualmente impactan al observador que transita por las áreas de la universidad, debido a una falta de manejo adecuado de los RSU. Los residuos de jardín y poda de los árboles se disponen en estos centros de acopio a cielo abierto, por lo general no se recogen, y permanecen en estos lugares hasta meses. Es importante analizar que estos restos pueden inducir escape de olores y albergar fauna nociva, porque además las personas que transitan por estos lugares depositan sobre de ellos más residuos. Es importante que antes de proponer planes de manejo de RSU en el sector educativo, se conozcan las cantidades y características de los residuos que se generan en cada unidad académica y administrativa. De esta manera es importante contar con un programa de gestión integral de los RSU que permita proponer prácticas probadas eficientes que faciliten el buen desempeño de planes de manejo de residuos.

2. Metodología

Para establecer un Programa de Gestión Integral de los RSU en la Universidad Autónoma de Nayarit, se propone trabajar sobre un **Modelo de gestión integral de RSU** que involucre: a la sociedad universitaria compuesta por los tres sectores: académicos, trabajadores y estudiantes, además del gobierno, políticas, las finanzas públicas, caracterización y tratamientos de los RSU, la recolección, la disposición final, educación ambiental, la administración de los materiales. Así de esta forma integrar una serie de acciones dirigidas con el propósito de mejorar nuestra capacidad de respuesta ante la sociedad de Tepic en materia de medio ambiente y desarrollo sustentable, mediante la implementación de programas o instancias ambientales de alcance institucional. El modelo de gestión integral de RSU plantea un reto y desafío del desarrollo sustentable, que articula lo ecológico y social desde los sectores: **Sociedad, Economía y Política**. Con ello la comunidad universitaria podría asumir un reto en su papel de promotora de la sustentabilidad siendo congruente en el interior del campus e incluir la sustentabilidad en sus funciones sustantivas enfatizando su compromiso social. **Figura 1.**



Figura. 1. Modelo de gestión integral de RSU

El estudio se propone llevarlo a cabo en tres etapas principales: a) caracterización, trabajo de educación ambiental, normatividad, b) separación selectiva, tratamientos y comercialización, y c) extensión y vinculación con la sociedad de Tepic.

2.2 Estudio de caracterización de RSU

En esta primera etapa se ha llevado a cabo el estudio de caracterización. En el presente trabajo se utilizó una variedad de técnicas que provienen de la antropología, y la arqueología, Este fue un estudio descriptivo, transversal y trató de obtener un control cuasi-experimental en la obtención y tratamiento de las muestras. Se propuso un amplio trabajo de campo: la recolección de muestras de residuos fue directamente de los generadores universitarios; se montó un laboratorio provisional de RSU para la clasificación en el que se realizó un trabajo de separación, clasificación y registros detallados de la composición de la basura. La investigación se desarrolló en los terrenos del campus universitario de la Universidad Autónoma de Nayarit, , en la ciudad de Tepic, Nayarit. Para llevar a cabo el procedimiento de muestreo y ubicar las zonas seleccionadas, se utilizó el mapa del campus universitario y se zonificó en 5 áreas. Se realizó la toma de muestras por un periodo de 3 meses, ver **Figura 2.**

La clasificación y cuantificación de generadores de RSU se llevo a cabo con base en las actividades que desarrollan en la zona universitaria: Edificios académicos y administrativos, jardines y corredores, y áreas de loncherías. Para la elaboración de las hojas de registro, los procedimientos de las zonas de muestreo y sistemas de clasificación de los residuos se utilizó los criterios de las categorías descritas por el Collage and University Recycling Council [1] como se muestra en el **Tabla 1.**

Las muestras de residuos se obtuvieron , utilizando un muestreo aleatorio sistematizado que permitió tener una mayor cobertura del universo de estudio. Los residuos que se adquirieron de cada zona se etiquetaron con una ficha de identificación con los siguientes datos: el número de muestreo,



el área académica que corresponda, fecha, hora, el número de bolsa, los días que representa cada bolsa de residuos y el nombre de las personas responsables de la recolección. Cada unidad de muestra se procesa en el laboratorio de campo, ubicado en el sitio de mantenimiento del campus universitario.



Figura. 2. Zonas de muestreo de RSU en el campus universitario de la Universidad Autónoma de Nayarit

Una vez en el laboratorio cada muestra fue sometida a la clasificación: se registró el peso total de cada muestra, se identificó y clasificó los subproductos, se registró el peso en gramos por subproducto, se capturó en una base de datos, se analizaron.

Tabla 1. Categorías para la determinación de la caracterización física de los residuos sólidos universitarios

Código	Unidad académica o edificio	
Peso de la bolsa (gr)	Fecha	
PAPEL Y CARTÓN (GR.)	PLÁSTICOS (GR.)	ORGÁNICOS (GR.)
Blanco	PET	Residuos alimentos
Color	HDPE	Hojas y pasto
Periódico	Resto de plásticos	Árboles y ramas
Revistas	Plásticos S/N	Residuos de
Otros	Plástico diverso	Cosechas
Cartón	Bolsas	Orgánico diverso
	Foam	
METALES (Gr.)	VIDRIO (Gr.)	PELIGROSOS (Gr.)
Latas aluminio	Botellas	Limpiadores
Hojalata	transparentes	Baterías
Metal diverso	Botellas verdes	Reactivos
	Botellas ámbar	Insecticidas
	Otros vidrios	Otros (describa)
CONSTRUCCIÓN/DEMOLICIÓN	OTROS (Gr.)	



Grava y arena	Residuos sanitarios	
Rocas	Otros (describa)	
Madera	Otros	
OBSERVACIONES		

3. Resultados y discusión

La generación típica de residuos sólidos en la Universidad Autónoma de Nayarit, según el estudio que se realizó es de 1306.760 kg por día con una distribución de subproductos por tipo según se muestra en la figura. Con el objetivo de determinar la composición de los RSU en la universidad el estudio de caracterización se llevó durante un intervalo de tres meses, noviembre, diciembre del 2011 y febrero del 2012. El muestreo se evito en días festivos, porque la generación de residuos puede ser atípica.

Los resultados de la composición de los residuos obtenidos, se observa en la **Figura 3**. Estos datos muestran hasta un 60 % de materiales reciclables (papel, cartón, plásticos, metales, vidrio y tetrapack). La recuperación de los materiales es significativa como se muestra en la **Tabla 2**.

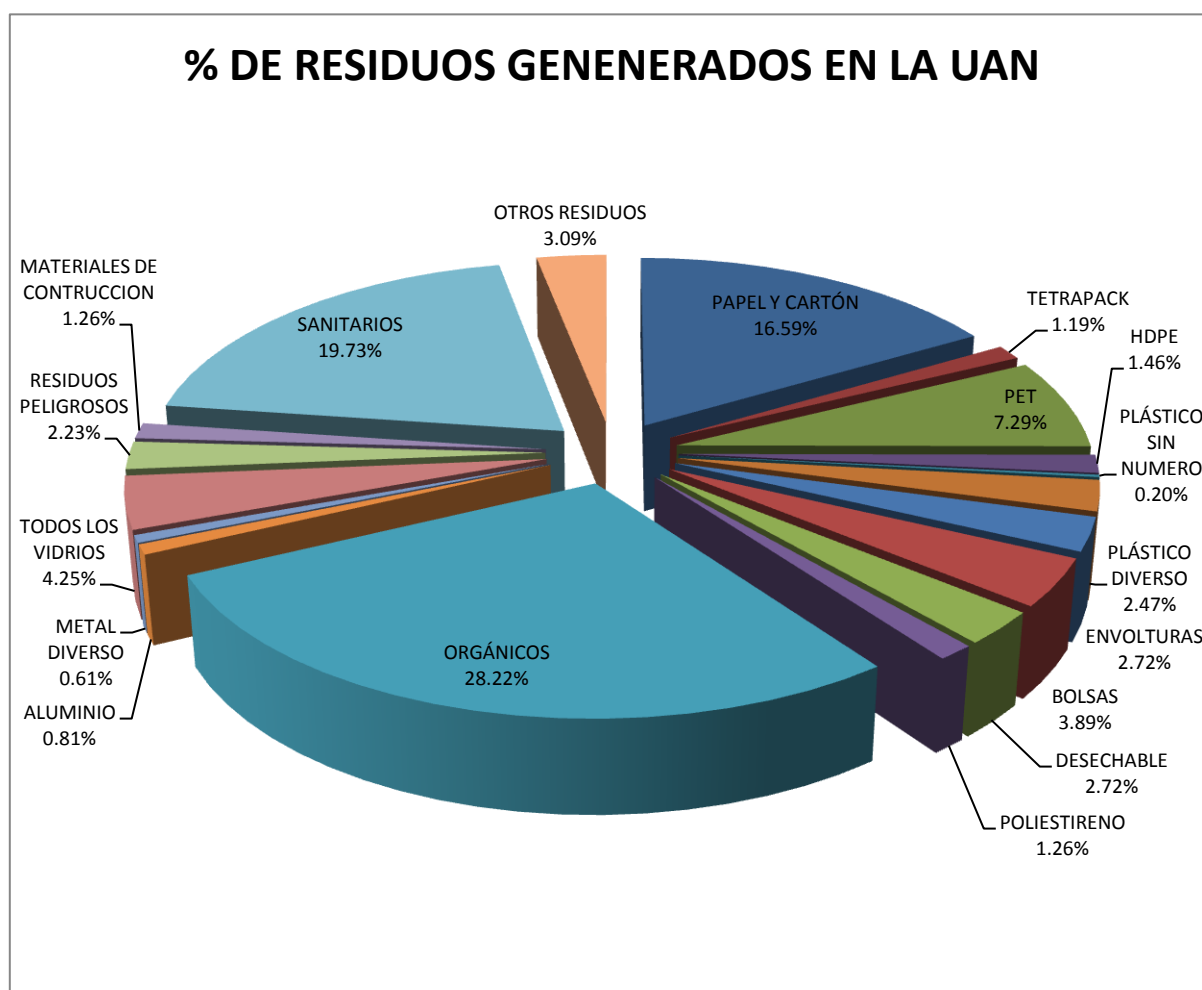


Figura. 3. Composición de los RSU en la Universidad Autónoma de Nayarit



La caracterización de los residuos sólidos y determinación de los materiales en el flujo de los residuos sólidos, impacta y permite tomar acciones en la planeación de su manejo como lo señalan [2], [3], [4]. El volumen de los residuos orgánicos es significativo en todos los estudios analizados en México y en otros países equivalen aproximadamente al 50 % del total generado, estos residuos tienen gran potencial para su reciclaje como la elaboración de composta para la aplicación en el tratamientos de suelos contaminados [5], [6], [7], [8], [9].

Tabla 2. *Materiales recuperables en la Universidad Autónoma de Nayarit*

Residuos recuperables	PAPEL Y CARTÓN %	PET %	HDPE %	RESIDUOS DE COMIDA %	ALUMINIO %	TODOS LOS VIDRIOS %	TETRAPACK %
Subproductos	16.59	7.29	1.46	28.22	0.81	4.25	1.19

4. Conclusiones

Se determina que la separación de residuos en el origen proporciona el reciclado o reutilización de los materiales separados y reduce la cantidad de residuos. Además de reducir la carga en los sitios de disposición final y ofrecer materias primas para los fabricantes. De esta manera la composición de los RSU en la Universidad Autónoma de Nayarit muestra un escenario del potencial de reciclaje de los materiales. Por esta razón se propone un programa piloto de separación selectiva de materiales recuperables, papel y cartón, PET, HDPE, residuos de comida, aluminio, y todos los vidrios con el objetivo de llevar a la universidad hacia la sustentabilidad ambiental. Para llevar a cabo un programa de manejo de los residuos sólidos basado en la separación selectiva en una institución de educación superior, son factores indispensables, el apoyo de las autoridades universitarias, el trabajo interdisciplinario, el involucramiento de la comunidad de los tres sectores (estudiantes, docentes y trabajadores), y la calidad de la técnica en la separación. Así de esta manera se podrá cumplir con la legislación vigente y entregar los residuos separados a la recolección del servicio municipal, y con ello reducir las toneladas de residuos que llegan al sitio de disposición final. Éste análisis en su primera etapa del programa de Gestión Integral de los RSU en la Universidad Autónoma de Nayarit, proporciona a las universidades un papel esencial para contribuir a la prevención, y minimización de las problemáticas ambientales ocasionadas por la alta producción de residuos en las ciudades, y superar los desafíos de la sustentabilidad, a través de sus funciones sustantivas, de educación, investigación, extensión, difusión y vinculación, así como de sus funciones administrativas.

Agradecimientos

Este proyecto se realizó gracias al financiamiento otorgado por el Programa Integral de Fortalecimiento Institucional (PIFI) de la Secretaría de Educación Pública (SEP), a la Secretaría de Docencia de la Universidad Autónoma de Nayarit y al equipo de servicio social de los estudiantes de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Nayarit.

Referencias bibliográficas

[1] CURC, Collage and University Recycling Council (2011). Fecha de consulta: 09/septiembre/2011 <http://www.curc3r.org/>



- [2] Ruiz, M. M. Caracterización de residuos sólidos en la Universidad Iberoamericana, ciudad de México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 28, 2012, 93-97.
- [3] Armijo de Vega, C., Ojeda, B. S., Ramírez, B. E., Quintanilla, M. A. Potencial de Reciclaje de los residuos de una institución de Educación Superior: El caso de la Universidad Autónoma de Baja California. *Ingeniería Revista Académica*. Vol. 10. 003, 2006, 13-21.
- [4] Espinosa V. R.M., Turpin S., Polanco G., de la Torre A., Delfín. I y Raygoza I. Integral urban solid waste management program in a Mexican university. *Waste Management*. 28, 2008, 27-S32.
- [5] Serkan, N. S., Bayram, A. Municipal solid waste characteristics and management in Gümüşhane, Turkey. *Waste Management*. 28, 2008, 2435-2442.
- [6] Ekere, W., Mugisha, J., Drake, L. Factors influencing waste separation and utilization among in the Lake Victoria crescent, Uganda. *Waste Management*. 29, 2009, 3047-3051.
- [7] Weber J., Karczewska A., Drozd J., Licznar S., Jamroz E., Kocowicz A. Agricultural and ecological aspects of a sandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts. *Soil Biol. & Biochimes*. 39, 2007, 1294-1302.
- [8] Farrel, M., Jones, D.L. Critical evaluation of municipal solid waste composting and potential compost markets. *Bioresource Technology*. Vol. 100, 2009, 4301-4310.
- [9] Fernández-Gómez M., Nogales R., Insam H., Romero E., Goberna M. Continuous-feeding vermicomposting as a recycling management method to revalue tomato-fruit wastes from greenhouse crops. *Waste Management*. 30, 2010, 2461-2468.



Una experiencia de separación de residuos en el Área de Humanidades-Pedagogía, Poza Rica. Ver.

¹ Ma. De Los Ángeles Silva Mar ² Araceli Huerta Chúa ³ Alejandro Vera Pedroza

¹²³Facultad de Pedagogía- Poza Rica. Calle 12 No. 215 Colonia Cazonas Tel. 7828240539
Universidad Veracruzana, Poza Rica. Ver.
asilva@uv.mx

Resumen

El presente trabajo se deriva de un proyecto institucional de la Universidad Veracruzana. Este proyecto surge por iniciativa de la Dirección de Humanidades de la Universidad Veracruzana, en el marco del Plan de Trabajo 2009-2013, al formular y aprobar en sesión de Consejo de Área una Comisión para la Sustentabilidad, articulada por Consejos representativos de cada región. Estos consejos pretenden propiciar, en un proceso de educación, la capacitación integral de los alumnos en un marco de sensibilización y formación ambiental, desarrollando acciones para fortalecer hábitos y actitudes entre la comunidad universitaria, procurando trascender al exterior de manera sinérgica.

En el Área de Humanidades, en la Región Poza Rica- Tuxpan, el Consejo Sustentabilidad, en la Facultad de Pedagogía, se organizan y trabajan actividades para promover el manejo de residuos sólidos con el propósito de contribuir a una cultura ambiental. Las tareas implementadas han involucrado a directivos, personal administrativo, técnico y manual profesores y alumnos de la entidad académica y promueven la separación de estos residuos que se generan en la Facultad de Pedagogía.

Dentro de las actividades realizadas están: estrategias de sensibilización, difusión y capacitación; la presentación del Plan Maestro a la comunidad universitaria en sesiones con estudiantes, docentes y demás personal; la realización de un diagnóstico de la separación de residuos en la Facultad. Una de las actividades iniciales fue la identificación y colocación de contenedores para la separación de los residuos sólidos universitarios, almacenamiento y comercialización del Pet, entre otras acciones más que deben ser evaluadas.

Palabras Clave: *Participación, separación, registro, comunicación*

1. Introducción.

Nuestra época está llena de grandes desafíos, en que las Universidades deben enfrentar retos fundamentales como: la globalización, crisis económica, el deterioro ambiental (pérdida de biodiversidad, contaminación, cambio climático global y erosión, entre otros), la disminución de la calidad alimentaria, la pobreza extrema y la rápida velocidad del avance tecnológico entre muchos otros componentes. Además y considerando el pensamiento de Febres y Floriani del 2002 y Leff en el 2004, quienes han señalado que el mercado y el desarrollo sustentable son incongruentes, por lo tanto, otras formas de desarrollo deben ser consideradas como opciones para la humanidad, a través de una racionalidad ambiental. Estos son retos a superar para no poner en riesgo a las futuras generaciones.



La destrucción del medio ambiente se deriva de las acciones que realiza el hombre, dado que al ir adquiriendo nuevos conocimientos y creando herramientas de trabajo para satisfacer necesidades y facilitar su actividad laboral, no piensa en las afectaciones que pueda tener el medio ambiente que lo rodea. En este sentido, el avance tecnológico global ha traído muchos beneficios para la sociedad en general, pero se ha utilizando en demasía los recursos naturales, lo que ha provocado problemas en el equilibrio ambiental a nivel mundial; con consecuencias nefastas para la vida del hombre y su biodiversidad.

En este contexto, existen muchas causas por la que se incrementa la producción de residuos sólidos, entre ellos, está la participación antrópica, también la diversidad en el consumo y presentación de los productos, es decir, lo que ante se consumía solamente embotellado, hoy se consume envasado en pet, vidrio, aluminio, cartón, u otro tipo de material para presentar un producto. “La persistencia de los efectos de muchos de ellos y la evidencia que el medio receptor se hace cada vez más impotente para absorberlos, ha obligado al hombre a cualificar y cuantificar los residuos que aporta la naturaleza, -sobre los cuales poco puede hacer- y a idear, desarrollar, implantar y mejorar la forma de controlar, transformar, reutilizar y reducir tanto aquellos desechos que se derivan de los nuevos estilos a los que nos ha acostumbrado la modernidad”.

2. Desarrollo

2.1 Programa de Sustentabilidad y Plan Maestro de la Universidad Veracruzana

La Universidad Veracruzana (UV) como otros centros de educación superior del país y del extranjero asume en sus proyectos institucionales el compromiso con la sustentabilidad; entendiéndola como un proceso complejo y que debe ser parte del proyecto de vida de la comunidad universitaria.

El compromiso firme y la congruencia de actuación en la universidad con respecto a la sustentabilidad se hacen evidentes en dos documentos esenciales que son un referente obligado para el desarrollo institucional: El Plan General de Desarrollo 2025[1]. Particularmente en el eje estratégico 5 denominado “Hacia una Universidad sostenible” y el Programa de trabajo 2009-2013 [2]: Innovación académica y descentralización para la sustentabilidad.

Asimismo, la Dirección de Humanidades de la Universidad Veracruzana, en el marco del Programa de Trabajo 2009-2013, tomó la iniciativa de formular y aprobar en sesión de Consejo de Área una Comisión para la Sustentabilidad, articulada por Consejos representativos de cada región.

De esta manera, el marco institucional de la universidad sobre el medio ambiente y la sustentabilidad busca propiciar, en un proceso de educación, la capacitación integral de los alumnos en un marco de sensibilización y formación ambiental, desarrollando acciones para fortalecer hábitos y actitudes entre la comunidad universitaria, procurando trascender al exterior de manera sinérgica.

Es en ese momento que nace el Consejo Regional de Humanidades hacia la Sustentabilidad en Humanidades en el campus Poza Rica-Tuxpan, en cuya agenda para la sustentabilidad



contempló cuatro ejes de desarrollo, a saber: incorporar la perspectiva ambiental a los currículos de licenciatura y posgrado del Área Académica de Humanidades; fortalecer las redes interdisciplinarias, la investigación y estudios aplicados en temas relacionados con la sustentabilidad; contribuir al desempeño ambiental de la Universidad en aspectos como energía, papel, residuos sólidos, líquidos y entorno ambiental de las instalaciones del Área de Humanidades y desarrollar estrategias innovadoras de comunicación y participación ambiental.

Iniciando el trabajo en el campus Poza Rica-Tuxpan de Humanidades en junio del 2010, se diseñó un plan de acción que contemplaba dichos ejes, pero es en el mes de julio del mismo año que se da a conocer la coordinación universitaria para la sustentabilidad de la Universidad Veracruzana (CoSustenta) se creó para poner en marcha el Plan Maestro para la sustentabilidad de la UV (PlanMas) [3].

El PlanMas se traduce en un plan de trabajo adaptativo en el que las adaptaciones y sus procesos se adecuen en la marcha para el logro de las metas y evaluación permanente de las mismas.

En éste se plantean los tres ejes estratégicos que constituyen el ABC para dar pasos firmes hacia la sustentabilidad en la Universidad Veracruzana; sus características esenciales es que son mutuamente complementarios, involucran a toda la comunidad universitaria y organizan coherentemente las acciones para alcanzar sus objetivos.

Los ejes se conocen con los nombres de: “Sistema Universitario de Manejo Ambiental (SUMA), el segundo se denomina “Comunicación, participación y educación de la comunidad universitaria” (COMPARTE) y el tercero “Dimensión ambiental y para la sustentabilidad en la investigación y en la formación técnica, profesional y de posgrado” (DISCURRE).

Ya que la experiencia que aquí se comparte corresponde al primer eje, es el que abordaremos principalmente. El SUMA es una serie integrada y continua de políticas y procesos orientados a mejorar el desempeño de la UV, mediante estrategias de prevención, mitigación, restauración y corrección de los impactos ambientales de su actividad. Las áreas de desempeño en problemas prioritarios son: Uso apropiado y eficiente del agua, uso apropiado y eficiente de la energía, uso apropiado y eficiente de insumos de oficina, gestión de áreas verdes y gestión de materiales y residuos especiales.

Es en el rubro de la gestión de materiales y residuos especiales que se trabajó la separación de los residuos generados en la Facultad de Pedagogía.

2.2. Contexto de la experiencia del manejo de Residuos sólidos universitarios

La experiencia se lleva a cabo en la Universidad Veracruzana Facultad de Pedagogía Región Poza Rica- Tuxpan, con una población de 607 alumnos distribuidos en diversos semestres que van del 2° al 12° en turnos matutino y vespertino. Su infraestructura cuenta con 13 salones, 12 cubículos y 4 oficinas administrativas así como también un laboratorio de docencia, un aula magna, un laboratorio de cómputo y seis sanitarios para estudiantes y tres más para personal docente, administrativo y de intendencia; todo esto en las tres plantas del edificio.



Con el propósito de dar a conocer a la comunidad universitaria el plan maestro y ubicar la acción de separación de residuos en el eje SUMA, se llevaron a cabo una serie de pláticas dirigidas a los estudiantes; dichas pláticas se realizaron en uno de los momentos tutoriales, con la participación de los alumnos integrantes del consejo regional de humanidades hacia la sustentabilidad de Pedagogía, además de sensibilizar sobre la importancia de tal acción y que tuviera sentido realizarla. En otro momento específico se convocó a una reunión de académicos para cumplir con el mismo fin, lo mismo se cubrió con el personal administrativo, técnico y manual y el de intendencia que laboran en la Facultad.

Los temas que se abordaron en las pláticas realizadas fueron sobre el Plan maestro hacia la sustentabilidad en la Universidad Veracruzana, los residuos urbanos y su problemática, así como las medidas de reducción de los residuos entre otros.

En un siguiente momento los mismos estudiantes pertenecientes al consejo regional se dieron a la tarea de diseñar los respectivos carteles que identificaran los tipos de residuos que debían colocarse en los contenedores que se compraron exprofeso. Una vez cubierta esta etapa y ya informada la comunidad universitaria, se efectuó con la presencia de autoridades directivas, académicos, jefes de grupo, estudiantes y personal en general el arranque oficial de la separación de los residuos, incluso estuvo presente la persona, representante de la empresa que se contactó para comprar el PET producto de la separación.

Como primera etapa, se retiraron los cestos de basura de todos los espacios: salones, cubículos y oficinas administrativas. Se hizo un rol de participación con un grupo de 10 estudiantes pertenecientes al Consejo, quienes durante tres semanas, diariamente pesaban la cantidad de residuos que tenían los tres contenedores ubicados en los pasillos de los tres niveles de la escuela. El pesaje y registro respectivo se realizó en dos horarios: 15:00 horas y a las 20:00 horas con el propósito de conocer las cantidades y los tipos de residuos diarios para determinar la generación y composición de los residuos sólidos en la entidad académica.

Los contenedores se ubicaron por su color y respectivo contenido: en el de color verde claro la comunidad universitaria colocó unicel, vidrio, latas y plástico; en el verde intenso, residuos orgánicos y en el de color naranja, papel y cartón.

Por otra parte, tratando de darle un reuso al papel como hojas, carteles, etc. que se tiran en las oficinas y cubículos de los académicos, los jóvenes diseñaron y colocaron contenedores para darles otro uso. Un ejemplo es que las hojas recolectadas, se distribuyeron en el área de las secretarías para que las reutilizaran.

Todas las acciones realizadas son esenciales porque como mencionan Jara en 2010 [4] “con el fin de contribuir a que la comunidad perciba que es posible mejorar la calidad de vida desde el desarrollo de prácticas en las que todos pueden y deben involucrarse, creativa y protagónicamente, a través de modalidades proactivas en las que surgen los jóvenes como pilares del desarrollo de nuestra sociedad actual” por ello, los estudiantes integrantes del consejo de sustentabilidad, son los actores principales en las acciones emprendidas.

La cantidad de PET producto de la separación que se tuvo fue comprada por una empresa privada de la localidad y con el recurso de la venta se aprovechó para adquirir materiales y productos utilizados en las actividades del consejo de sustentabilidad.



La etapa siguiente fue diseñar un programa de manejo adecuado de residuos sólidos en Pedagogía ya que como plantea Solís-Salazar [5] “impulsar conductas de protección y conservación del ambiente puede requerir cambios de actitud e inclusive de estilos de vida en las personas y para la formulación de programas o bien capacitaciones que impulsen esos cambios resulta importante, conocer los aspectos que inciden en el desarrollo de una conducta ambiental”. Cabe señalar que esta etapa aun no se concluye, sin embargo, se han orientado trabajos de investigación para conocer, de manera precisa, aquellos aspectos que inciden en el desarrollo de una conducta ambiental en la comunidad universitaria de Pedagogía.

3. Resultados y Discusión

Realmente resultó muy significativa la experiencia de las pláticas con docentes, estudiantes y personal administrativo porque además de dar a conocer el Plan Maestro y las acciones de separación de residuos, se propició una sensibilización en cada uno de los integrantes de la comunidad universitaria. Cabe señalar que no asistió todo el personal convocado, pues existió incompatibilidad de horarios y/o falta de interés.

Es muy gratificante ver que los estudiantes que se comprometen con el trabajo y comulgan con la idea de la separación de los residuos, cumplieron en tiempo y forma con las actividades de separar, pesar y registrar los residuos. Sin embargo fue lamentable encontrarnos con docentes y estudiantes que a parte de no apoyar, se burlaban de los que sí trabajaron. Por ello se considera un área de oportunidad, fortalecer las pláticas o diseñar otras estrategias para lograr la sensibilización y compromiso de un mayor número de estudiantes y académicos.

Es necesario comentar que en un principio, no fue fácil retirar los cestos de basura, pues se presentaron reacciones negativas de parte, principalmente, de algunos académicos y administrativos, manifestando su molestia por que se les quitó su cesto de basura, tanto de cubículos, salones y áreas de oficina, respectivamente. Sin embargo, esta molestia, gradualmente fue disminuyendo en virtud de que la comunidad universitaria de la Facultad, utilizó los contenedores asignados en los pasillos de cada uno de los niveles del edificio, con lo cual se puede identificar la asimilación de la intención de la separación de residuos y el uso de los contenedores. Con esto se puede decir que se cubrió la primera etapa en el manejo de los residuos sólidos en Pedagogía.

En la tabla 1 se presenta la información correspondiente a tres semanas de trabajo. Es necesario precisar que estos resultados se presentan de manera integrada mostrando cuantitativamente la producción de los residuos generados en la Facultad de Pedagogía, de los cuales se recuperaron los 42 kg de PET y los 43.300 kg de papel/cartón. Se puede destacar que el incremento de unicel fue a consecuencia de las actividades realizadas como parte de fin de cursos y otras actividades académicas. Cabe mencionar que en el primero y segundo nivel del edificio, se tuvo mayor producción de PET así como las envolturas de botanas y golosinas; y en el tercer nivel se registró una mayor cantidad de desechos orgánicos como los asientos de café, esto, considerando que en este nivel se encuentran las oficinas administrativas.



Tabla 1. Registro de separación de residuos en la Facultad de Pedagogía.

CONSEJO REGIONAL DE HUMANIDADES
HACIA LA SUSTENTABILIDAD
REGIÓN POZA RICA - TUXPAN

REGISTRO GLOBAL DE RSU EN EL ÁREA DE PEDAGOGÍA

LUGAR	FECHA	PAPEL/CARTÓN	P.E.T.	ALUMINIO/VIDRIO	DESECHOS ORGÁNICOS	UNICEL Y DESECHABLES
FACULTAD DE PEDAGOGÍA	DEL 9 AL 27 DE MAYO DE 2011	43.330 Kg	42 Kg	19.425 Kg	23.110 Kg	26.020Kg

NOTAS

- ③ EL total de los Kg de PET recolectado no incluye el del sistema abierto los fines de semana que se juntó en el costal para entregarlo a la empresa "Conciencia ambiental" que se hará cargo de dicho material.
- ③ El peso del aluminio y vidrio esta sumado como total.
- ③ La suma se obtuvo por separado de cada una de las 3 plantas de la Facultad para posteriormente sumarse y sacar los totales de cada residuo.
- ③ El incremento del UNICEL se debe a que fue en los últimos días de clases y se realizaron foros y convivios en los salones por lo cual aumentó el consumo.

4. Conclusiones

La Facultad de Pedagogía ha tomando medidas para la reducción de residuos sólidos, sin embargo, se reconoce que hay un desconocimiento, por parte de los académicos, estudiantes y administrativos, sobre las políticas para una universidad sustentable; lo cual se ve reflejado en la falta de interés y la poca participación en las acciones emprendidas por el Consejo de Sustentabilidad.

De la experiencia obtenida podemos concluir que aun cuando llevamos a cabo actividades referentes a la difusión y conocimiento del Plan Maestro para la Sustentabilidad y particularmente lo referente al manejo de residuos sólidos, lo seguir implementando pláticas informativas a todo el personal docente, administrativo, técnico y manual así como diseñar otras estrategias para lograr la sensibilización y compromiso de un mayor número de estudiantes y académicos.

La producción de residuos sólidos, es determinada por el tipo de actividades, ya sean académicas, culturales y recreativas que se realizan al interior de la facultad y en cada uno de los espacios. Es importante aprovechar de una mejor manera la producción de los residuos generados, pues bien se pueden canalizar para un reúso. Sin perder de vista que la intención es reducir el consumo de productos o materiales nocivos para el ambiente, y que



se opte por el que menos dañe el ambiente.

Es necesario señalar que falta integrar un programa de seguimiento y evaluación de las acciones emprendidas.

5. Referencias Bibliográficas

[1] *Plan General de Desarrollo. 2025 de la UV.* México consultado el 20 de mayo 2012.

En: <http://www.uv.mx/planeacioninstitucional/documentos/documents/PlanGeneraldeDesarrollo2025.pdf>

[3] *Plan maestro para la Sustentabilidad de la UV.* México consultado el 20 de mayo 2012.

En: <http://www.uv.mx/noticias/eventos/plan-maestro-sustentabilidad-web.pdf>

[2] *Programa de trabajo 2009-2013: Innovación académica y descentralización para la sustentabilidad de la UV.* México consultado el 20 de mayo 2012

En: <http://www.uv.mx/programa-trabajo-2009-2013/>

[4] JARA RODRÍGUEZ, K., & VIDAL GUTIÉRREZ, D. 2010. Voluntariado y responsabilidad social en jóvenes estudiantes de educación superior de la provincia de Concepción, Chile. *Trayectorias*, 12, pp. 137-152. Consultado el 16 de julio de 2012 en <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/607/60717342008.pdf>

[5] SOLÍS-SALAZAR, M. 2011. Conductas ambientales de separación de desechos sólidos y ahorro de agua en la población de Costa Rica. *Revista Costarricense de Psicología*, Vol. 29, no. 44 pp. 19-34. Consultado el 16 de julio de 2012 en: <http://www.revistacostarricensedepsicologia.com/articulos/RCP-44/2-RCP-Vol29-No44.pdf>



Disposición de residuos sólidos, en las zonas metropolitanas del Estado de Veracruz, 2000-2010

Torres Beristain Beatriz ¹ y Vera Cartas Jordi ²

¹Dirección General de Investigaciones, Universidad Veracruzana,
Av. Luis Castelazo Ayala s/n; Col. Industrial Ánimas C.P.91190 Xalapa, Veracruz, México

²Coordinación Universitaria de Observatorios Metropolitanos, Universidad Veracruzana

Resumen

En este trabajo se analiza los indicadores relacionados con la generación y disposición de residuos sólidos propuestos por ONU-Hábitat como parte del grupo de indicadores de Administración Ambiental para dar seguimiento a los Objetivos de Desarrollo del Milenio. Según el censo del 2010 en el estado de Veracruz viven 7,643,194 personas, el 45% de las cuales vive en alguna de sus 9 zonas metropolitanas. Para ello se calculó el porcentaje de desechos sólidos que son dispuestos en rellenos sanitarios, en tiraderos a cielo abierto o quemados durante el periodo 2000-2010. Desde el año 2000 la generación diaria de residuos sólidos se incrementó progresivamente en todo el estado especialmente en sus zonas urbanas, un 82% en el conjunto del estado durante el periodo 2000-2010. En el año 2010 se generaron en Veracruz 6 mil 935 toneladas diarias de residuos sólidos. En ese año las zonas metropolitanas que más residuos sólidos generaron fueron la Z.M. de Veracruz y la de Xalapa mientras que la de Acayucan fue la que menos residuos sólidos generó. Cada veracruzano generó una media de 910 gramos de residuos sólidos al día es decir 360 gramos más de lo que generábamos a inicio de siglo.

Palabras clave: residuos sólidos, zonas metropolitanas, indicadores, Veracruz, ONU-HABITAT

1. Introducción

Los seres humanos producto de nuestras actividades generamos residuos sólidos. Los patrones de consumo están directamente relacionados con la cantidad y el tipo de residuos, por lo que los países desarrollados producen más residuos que los menos desarrollados. Por ejemplo para el 2010 los habitantes de la Ciudad de San Francisco producían 1.7 Kg mientras los de Nueva Delhi 0.5 Kg *per cápita* por día [1]. Cuando los residuos sólidos son depositados sin control al descomponerse generan gases tóxicos y de efecto invernadero así como lixiviados. Los problemas relacionados con una mala disposición de residuos es la contaminación de la atmósfera, suelo, subsuelo así como agua superficial y subterránea. Para atender estas problemáticas se ha avanzado considerablemente en tecnologías para el reciclaje y disposición de estos residuos especialmente en países desarrollados. La colecta, manejo y transporte adecuado, así como la disponibilidad de suficientes sitios seguros para su depósito, constituyen elementos básicos de un sistema de disposición de residuos sólidos.

México generaba en el 2004 en promedio 0.9 Kg por habitante por día de residuos, este promedio incluye los habitantes de zonas urbanas y rurales [2]. La gestión integral de los residuos debe incluir todas las etapas involucradas desde la generación, separación recolección, transporte, tratamiento y disposición final. A nivel nacional se ha avanzado en la recolección de los residuos sólidos municipales pues se ha incrementado en los últimos años el porcentaje de residuos que son recolectados, en las grandes zonas metropolitanas del país, la cobertura en la recolección de los residuos alcanza 95%, mientras que en las ciudades medias varía entre 75 y 85% y en las pequeñas áreas urbanas entre 60 y 80% [3]



En las ciudades veracruzanas la disposición o el procesamiento de los residuos sólidos suele ser compartida por varios municipios. En este sentido la gestión de residuos sólidos tiene una fuerte componente metropolitana por lo que es importante generar indicadores que superen las fronteras municipales. Un indicador propuesto por la Agenda Hábitat es la “disposición de residuos sólidos” que incluye el porcentaje de desechos sólidos dispuestos en rellenos sanitarios; tiradero a cielo abierto; incinerados, reciclados, y otra forma de disposición [4]. Este indicador permite aportar al monitoreo del grado de alcance de la meta de desarrollo del milenio “Asegurar la sustentabilidad ambiental” y de la meta de Agenda Hábitat “Reducir la contaminación urbana” [5].

2. Desarrollo

El indicador clave 15 propuesto por ONU-HABITAT está integrado por 5 sub-indicadores relacionados con la disposición de residuos sólidos: fracción dispuesta en un relleno sanitario (KI 15 RS), dispuesta en tiraderos a cielo abierto (KI 15 TCA), fracción que se incinera, en el caso veracruzano hablaremos de quema que se da generalmente a nivel vivienda en ambientes no controlados (KI 15 I), que se recicla (KI 15 R) o a la que se le da otro tratamiento (KI 15 OT). Asumimos la mayor parte de los residuos terminan en un relleno sanitario (KI 15 RS) cuando existe constancia de que se usa un Relleno Sanitario (RS) y además no existe un Tiradero a Cielo Abierto (TCA) y existe recolección domiciliaria o disposición en contenedores. Para el registro de los residuos que terminan en el tiradero a cielo abierto (KI 15 TCA) se considera cuando existe constancia de que no se usa un relleno sanitario, existe algún tiradero a cielo abierto y existe recolección domiciliaria o disposición en contenedores. En relación a la fracción de residuos sólidos que son quemados (KI 15 I) se calcula a partir del porcentaje de basura que es quemada (que registra INEGI en el censo de 2010). Los otros dos indicadores propuestos, los que son reciclados diariamente (KI 15 R) y la fracción de residuos sólidos que son sometidos a otro tratamiento (KI 15 OT), no pudieron calcularse al no disponer de información secundaria.

Se utilizaron las siguientes formulas para el cálculo de los 3 indicadores propuestos por ONU Hábitat que se pudieron calcular con los datos disponibles:

$$KI15RS = \frac{VDRSDRS}{VDRSG} * 100 \quad (1)$$

$$KI15I = \frac{VDRSDI}{VDRSG} * 100 \quad (2)$$

$$KI15TCA = \frac{VDRSDTCA}{VDRSG} * 100 \quad (3)$$

KI15RS: Porcentaje de residuos sólidos dispuesto en relleno sanitario diariamente.

KI15I: Porcentaje de residuos sólidos incinerado o quemado a cielo abierto diariamente.

KI15TCA: Porcentaje de residuos sólidos dispuestos en tiraderos a cielo abierto diariamente.

KI15R: Porcentaje de residuos sólidos reciclado diariamente.

VDRSG: Volumen diario de residuos sólidos generados expresado en toneladas.

VDRSDRS: Volumen diario de residuos sólidos dispuestos en rellenos sanitarios expresado en toneladas.

VDRSDI: Volumen diario de residuos sólidos incinerado o quemado a cielo abierto expresado en toneladas.

VDRSDTCA: Volumen diario de residuos sólidos dispuestos en tiradero a cielo abierto expresado en toneladas.

VDRSR: Volumen diario de residuos sólidos reciclados expresado en toneladas.

VDRSOT: Volumen diario de residuos sólidos sometido a otro tratamiento expresado en toneladas.

Existen dos fuentes de información sobre residuos sólidos las cuales no coinciden completamente: (a) los Anuarios Estadísticos del Estado de Veracruz compilados por INEGI para los años 2001, 2006 y 2010



(que se nutren de la información que provee la dependencia estatal en turno: Secretaría de Desarrollo Regional del Gobierno del Estado en los años 2000 y 2005; SEDESMA en el año 2009 y por último SEDEMA desde el 2011) y (b) el compendio Estadístico Ambiental elaborado por SEMARNAT (que en temas de residuos se nutre de la información que provee SEDESOL). Sin embargo no se pudo obtener la información del 2010 a través del Anuario Estadístico ya que en el Anuario Estadístico del Estado de Veracruz de INEGI no se muestra la información de residuos sólidos como en otros años se había presentado.

3. Resultados y discusión

Desde el año 2000 la generación diaria de residuos sólidos se han incrementado progresivamente en todo el estado de Veracruz así como en sus 8 zonas metropolitanas. En el conjunto del estado la generación de residuos se ha incrementado un 82% en el periodo 2000-2010. En el año 2010 se generaron en Veracruz 6 mil 935 toneladas diarias de residuos sólidos Tabla 1. En este año las zonas metropolitanas que más residuos sólidos generaron fueron la Z.M. de Veracruz (con 846 toneladas) y la de Xalapa (con 567 toneladas).

Tabla 1. Evolución de la Generación Diaria de Residuos Sólidos y generación per capita en 8 Z.M. del Estado de Veracruz en el periodo 2000- 2010.

Generación Diaria de Residuos Sólidos y Generación de Residuos Sólidos per capita
toneladas al día (kg*habitante/día)

	2000	2005	2009	2010
Z.M. Xalapa	310 (0.6)	503 (0.8)	517	567 (0.8)
Z.M. Veracruz	532 (0.8)	650 (0.9)	879	846 (1.1)
Z.M. Córdoba	211 (0.8)	145* nd	211	345 (1.1)
Z.M. Orizaba	264 (0.7)	23* nd	263	386 (0.9)
Z.M. Coatzacoalcos	292 (1.0)	230* (0.7)	230*	503 (1.4)
Z.M. Minatitlán	268 (0.9)	242 (0.7)	241	383 (1.1)
Z.M. Poza Rica	317 (0.7)	321 (0.7)	353	553 (1.1)
Z.M. Acayucan	49 (0.5)	77 (0.7)	88	90 (0.8)
Edo de Veracruz	3,801 (0.5)	4,856 (0.7)	5,816	6,935 (0.9)

Fuente: Elaboración propia a partir de Información de INEGI (2001, 2006 y 2010) Anuarios Estadísticos del Estado de Veracruz; Para el 2010 se obtuvo de SEDEMA (2011) * Datos reflejan un posible error de registro, nd valor no determinado

El monto total de los residuos municipales se divide entre el total de habitantes y tenemos la producción *per capita*. Este valor incluye los desechos que generan los habitantes en sus casas e incluye los residuos producidos por establecimientos, pequeñas empresas, talleres, oficinas, comercios, escuelas, mercados vías públicas y los residuos no peligrosos de empresas que son recibidos por el servicio de limpia municipal, tal y como lo afirma Bernache [6]. En el año 2010 cada veracruzano produjo en promedio 910 gramos de residuos sólidos al día (Tabla 1), es decir 360 gramos más de lo que generábamos a inicio de siglo. Los habitantes de la Z.M. de Coatzacoalcos y los de Córdoba fueron los que más residuos sólidos *per capita* al día generaron con 1.4 kg 1.1 kg respectivamente. Los habitantes que de media menos residuos generaron por día fueron Acayucan 800 gramos y Xalapa 850 gramos. En promedio cada veracruzano ha aumentado un 65% su generación diaria de residuos sólidos. A nivel metropolitano los habitantes de las Z.M. de Orizaba y los de la Z.M. Minatitlán son los que menos han incrementado su



generación diaria de residuos sólidos en el periodo 2000-2010 (del orden del 27%). En contraste las personas de las Z.M. de Poza Rica y de Acayucan han sido los que mayores incrementos han tenido (59% y 67% respectivamente).

Los residuos sólidos que producen los habitantes de las ciudades veracruzanas en su mayoría son recolectados a nivel domiciliario por trabajadores de limpia pública municipal o particulares, algunos habitantes que no tiene servicio de limpia optan por la queman de sus residuos a nivel de vivienda, algunos otros utilizan los residuos orgánicos para alimento de animales de traspatio o realizan composta y a veces los residuos que tienen algún valor comercial (caso del PET, metales ó cartón) son separados de la basura.

Los residuos que se recogen en las ciudades veracruzanas a nivel domiciliario son destinados a Tiraderos a Cielo Abierto (TCA) o a Rellenos Sanitarios (RS). Los rellenos sanitarios son considerados la mejor tecnología para la disposición de residuos sólidos no peligrosos en la legislación mexicana, y son los municipios los encargados de su operación así como de los sistemas de limpia pública (LEGEIPA).

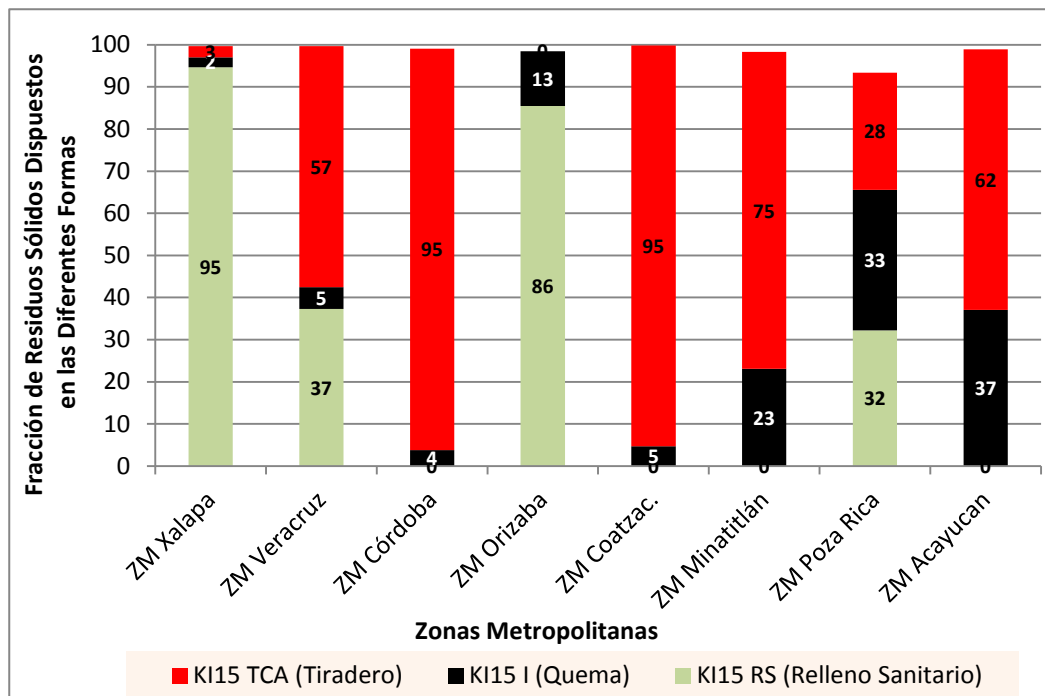


Figura 1. Disposición de Residuos Sólidos en 8 Z.M. del Estado de Veracruz en el año 2009.

A nivel nacional se ha logrado un enorme avance, ya que de 1995 a 2004 el número de rellenos sanitarios se triplicó y la cantidad de residuos sólidos municipales que se depositaron en ellos aumentó de 5.9 a 18.3 millones de toneladas, 52% de los residuos generados en 2004. Los mayores avances se han dado en las ciudades: en 2004, el 61% de los residuos depositados en rellenos sanitarios y de tierra controlados se ubicó en zonas metropolitanas y 37% en ciudades media [3]. En el Estado de Veracruz según las estadísticas oficiales existían en el año 2010 doscientos y un tiraderos a cielo abierto [7]. Según las mismas estadísticas se observa que ha habido una gran disminución en el número de tiraderos respecto a los valores del 2005 donde se registraron 1,648 tiraderos a cielo abierto [8]. Para el año 2000 no se cuenta con información acerca de la cantidad de tiraderos a cielo abierto ya que para ese año se reportó la superficie ocupada por tiraderos no el número de ellos.



A partir de la década de los noventa se promovió en el estado de Veracruz la construcción y operación de rellenos sanitarios. Este tipo de tecnología para la disposición de los RSM tiene una fuerte componente intermunicipal ya que al no disponer todos los municipios de rellenos sanitarios estos se comparten entre varios municipios.

Cuatro zonas metropolitanas contaban con entierro sanitario, la zona metropolitana de Xalapa, seguida de la Z.M. de Orizaba depositaron una mayor fracción de sus residuos sólidos en rellenos sanitarios regionales, 95% y 86% respectivamente. Cuatro zonas metropolitanas (Córdoba, Coatzacoalcos, Minatitlán y Acayucan), no contaban con rellenos sanitarios en el año 2009. En estas ciudades los residuos sólidos generados no se depositan en ninguno de los caso en lugares adecuados, acabando en tiraderos a cielo abierto o siendo quemados sin control. La quema de basura es una práctica más extendida en las Z.M.de Acayucan y Poza Rica, si bien los valores del indicador son del orden de los valores medios del Estado (34%). A nivel estatal dos millones ochocientos mil veracruzanos quemaron su basura en el año 2010.

4. Conclusiones

En la última década se ha incrementado la generación de residuos sólidos en un 82% a nivel estatal, las zonas urbanas han hecho un esfuerzo en incrementar la colecta de residuos. Los residuos que se recogen en las ciudades veracruzanas a nivel domiciliario son desechados en su mayoría en tiraderos a cielo abierto que son altamente contaminantes. En esta década se ha avanzado considerablemente en la disposición en rellenos sanitarios que son la tecnología más adecuada de las utilizadas en México. En el año 2010 había 28 rellenos sanitarios con un área destinada de 405 hectáreas, esto es un incremento de veintiún rellenos y 150 hectáreas respecto a los valores registrados para el año 2000.

Los rellenos sanitarios tienen una fuerte componente intermunicipal, en las zonas metropolitanas veracruzanas se observó que las empresas que ofrecen que los manejan dan servicios a varios municipios metropolitanos. En aquellos municipios donde no existen rellenos sanitarios, los residuos recolectados acaban depositándose de forma inadecuada principalmente en tiraderos a cielo abierto por las autoridades municipales o a nivel particular los residuos son quemados, enterrados o dispuestos en lugares inadecuados.

Existen otros destinos de la basura como enterrada, arrojada a ríos, y reciclada, sin embargo no se lleva un registro y no se tienen datos para poder decir de manera certera que fracción representaría cada uno de estos rubros. Es necesario incorporar el registro sistemático de otros tipos de disposición y en especial en relación al reciclaje que se da desde la separación en el hogar hasta dentro de los mismos sitios de disposición. Esta información nos permitirá completar la información sobre la disposición de los residuos en el estado de Veracruz y apoyar a través de políticas públicas y programas específicos el tratamiento integral de los residuos sólidos municipales que incluya la disminución de la generación y el incremento en el reciclaje y disposición final en lugares controlados.

5. Referencias Bibliográficas

- [1] ONU-HABITAT (2010). Solid Waste Management in the World's Cities "Water and Sanitation in The World's Cities 2010". United Nations Human Settlements Programme. 228 pp.
- [2] SEMARNAT 2010
- [3] (Semarnat-INE, 2006).
- [4] SEDESOL y ONU-HÁBITAT México (2004) "Estudio de Indicadores ONU-HÁBITAT para los Observatorios Urbanos Locales de las Ciudades Mexicanas". 162 pág.



[5] ONU, 2006, SEDESOL ONU-HÁBITAT México, 2004.

[6] Bernache, G., M. Bazdresch, J. L. Cuéllar y F. Moreno (1998). *Basura y Metrópoli. La gestión social y pública de los residuos sólidos municipales de la zona metropolitana de Guadalajara*, Universidad de Guadalajara-El Colegio de Jalisco-ITESO-CIESAS, Guadalajara.

[7] SEDEMA, 2011 comunicación personal.

[8] INEGI, Anuario estadístico del Estado de Veracruz, 2006)

Revisiones realizadas para las tablas y datos.

EPA 2010. Municipal Solid Waste Generation, Recycling, and Disposal in the United States: Facts and Figures for 2010 Accesado: 20 junio 2012. http://www.epa.gov/osw/nonhaz/municipal/pubs/msw_2010_rev_factsheet.pdf

INEGI (2010) XIII Censo General de Población y Vivienda del 2010. Tabulados básicos y Tabulados ampliados.

INEGI (2005) II Conteo de Población y Vivienda.

INEGI (2000) XII Censo General de Población y Vivienda.

INEGI (2001, 2006 y 2010) Anuarios Estadísticos del Estado de Veracruz.

LGEEPA(1998) Ley General Del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Publicada el 28 de enero de 1988.

Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Veracruz-(SEDEMA (2011). Comunicación personal Junio 2011.

SEMARNAT (2004). Generación de residuos sólidos municipales.
app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen/08_residuos/cap8.html
Accesado junio 15, 2012.

SEMARNAT (2006). El medio ambiente en México 2005: en resumen

SEMARNAT-INE. Diagnóstico Básico para la Prevención y Gestión Integral de Residuos. México. 2006.

Organización de las Naciones Unidas, (2006). Indicadores para el seguimiento de los objetivos de desarrollo del milenio.



Plásticos biodegradables en México: de las disposiciones legales a los efectos ambientales

Alethia Vázquez Morillas, Margarita Beltrán Villavicencio, Rosa María Espinosa Valdemar

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco, San Pablo 180, Del. Azcapotzalco, C. P. 02200, México, D. F.
alethia@correo.azc.uam.mx

Resumen

Los plásticos convencionales generan impactos ambientales debido al agotamiento de recursos no renovables y a su acumulación una vez que se convierten en residuos. Por otro lado los plásticos biodegradables, fabricados tanto a partir de fuentes renovables como no renovables, existen desde hace más de 30 años, sin embargo fue hasta finales del siglo XX en que se empezaron a considerar como una alternativa para disminuir los efectos negativos de los plásticos. En México cobraron relevancia a partir de la modificación a la Ley de Residuos del Distrito Federal, en la que se especificaba la prohibición de obsequiar a los clientes bolsas de plástico a menos que fueran biodegradables. Esta medida, a pesar de la controversia que originó y de haber sido revocada posteriormente, fue seguida en numerosos municipios del país, abriendo con ello un mercado a este tipo de materiales. En el contexto nacional es posible encontrar plásticos hidrolizables, oxodegradables y, en mucha menor medida, intrínsecamente biodegradables. Sin embargo, al no existir certificaciones apropiadas, productores, consumidores y la sociedad en su conjunto carecen de parámetros para validar dichas tecnologías y más aún, prever sus efectos ambientales. En este trabajo se analiza la forma en que se ha dado la introducción de estos materiales al país, enfatizando las contradicciones legales, así como la necesidad de articular este tipo de medidas con los sistemas de gestión existentes.

Palabras Clave: *degradación, gestión, legislación, residuos*

1. Introducción

El término “plástico” engloba a un amplio conjunto de materiales que en alguna etapa de su manufactura pueden fluir, lo que permite extruirlos, moldearlos o aplicarlos como coberturas. Tradicionalmente se preparan a partir de petróleo y gas, de los cuáles se extraen los monómeros que dan origen a las largas cadenas que incluyen una amplia gama de aditivos. Sus variadas aplicaciones incluyen la producción de automóviles, dispositivos electrónicos y de comunicaciones, medicina y artículos de uso común; sin embargo entre el 30 y 40% se emplean en envases y embalajes de vida útil corta [1-2].

El aumento en su producción y uso ha despertado la preocupación por sus efectos ambientales, que deberían ser considerados para mitigar los efectos nocivos que pueden generar [3]. Estos efectos incluyen el agotamiento de combustibles fósiles debido a su producción, la disposición no controlada que conduce a daños en las especies y transporte de sustancias nocivas, la posibilidad de lixiviación de aditivos tóxicos como el bisfenol A y algunos retardantes de flama y, sobre todo, su acumulación en los sitios de disposición final. Los plásticos que llegan a tiraderos y rellenos sanitarios permanecen en los mismos por largos periodos de tiempo, debido a su gran inercia química y estabilidad. En México su presencia en las corrientes de residuos se ha incrementado de forma continua, pasando de una proporción de 4.3% (en



masa) en 1995 a un 10.89% en 2011 ([4]. Este incremento está vinculado con los cambios en las formas de vida de la sociedad; mientras la población se incrementó en alrededor del 1% en 2010, el consumo de plásticos lo hizo en un 2.6% [5].

Las medidas que se han tomado para mitigar los efectos ambientales de la producción, uso y desecho de los plásticos incluyen el uso de fuentes renovables y residuos para su fabricación, el reciclaje, la valorización energética y la utilización de plásticos degradables y biodegradables. Estos últimos se han fabricado con el fin de reducir la permanencia de los residuos plásticos en el ambiente, especialmente los derivados de productos de vida útil corta y permitir su incorporación al ambiente.

Un plástico degradable puede obtenerse a partir de recursos renovables o no renovables, a partir de biosíntesis o síntesis química [6]; está diseñado para sufrir cambios significativos en su estructura química bajo condiciones ambientales específicas, lo que conduce a la pérdida de propiedades que pueden ser medidas por métodos estandarizados, en condiciones y tiempos específicos [7]. Estos cambios pueden darse debido a fenómenos separados o combinados de hidrólisis, desgaste mecánico, oxidación promovida térmica o mediante radiación UV, o acción de seres vivos. Dos tipos de plásticos degradables han despertado especial interés como opciones para minimizar los impactos en el ambiente: los biodegradables, en los cuales la degradación de la acción de microorganismos de origen natural, como bacterias, hongos y algas [7], y los oxodegradables, que sufren un proceso secuencial de oxidación abiótica-biótica. La primera etapa genera productos con menor peso molecular, que incorporan grupos funcionales polares que contienen oxígeno, hasta un punto en que puede iniciar la biodegradación de la segunda etapa.

2. Metodología

En esta investigación teórica se analizaron, a partir de referencias bibliográficas los siguientes temas: a) Medidas tomadas en otros países para mitigar los impactos de los residuos plásticos; b) Efectos de las disposiciones legales relativas a los plásticos en la Ley de Residuos del Distrito Federal; y c) Relación entre las medidas tomadas y gestión de los residuos en la Ciudad.

3. Resultados y discusión

3.1 Soluciones adoptadas para disminuir los efectos ambientales de los residuos plásticos

Además de las soluciones técnicas mencionadas previamente para la reducción de los efectos ambientales de los plásticos, tales como uso de fuentes renovables, valorización energética o reciclaje, se ha intentado atacar el problema mediante regulaciones y medidas técnico-administrativas, muchas de las cuales se han enfocado principalmente en las bolsas de plástico de un solo uso. Con frecuencia las regulaciones y tendencias se han modificado a lo largo del tiempo, tanto por querellas legales como por la demostración de la baja efectividad de ciertas medidas. Algunos ejemplos se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Medidas legales y administrativas adoptadas para mitigar los efectos de los residuos plásticos	
Estandarización y certificación	Ante la aparición en los mercados de plásticos “amigables con el ambiente, ha sido necesario definir estándares que permitan definir, medir y certificar la degradabilidad o biodegradabilidad de los plásticos, aplicada en entornos específicos como el composteo, los rellenos sanitarios, biodigestores o ambientes marinos. A este respecto, destacan los estándares de aplicación voluntaria de ASTM International o los obligatorios generados por la Unión Europea, basados en normas ISO [6, 8]
Impuestos	Los impuestos generalmente han sido enfocados específicamente a las bolsas de



	plásticos de un solo uso, y son pagados por el consumidor [9]. Algunos ejemplos de su aplicación se han dado en Irlanda, Israel, Taiwan, Bélgica y Dinamarca [10]
Prohibiciones	Se tienen dos vertientes: las enfocadas a ciertos productos, generalmente a bolsas de plástico, y las que buscan eliminar el uso de ciertos aditivos en los plásticos. La primera ha sido la estrategia usada en numerosas ciudades y países, como San Francisco, Washington D. C., Los Ángeles, Italia, Eritrea, Ruanda, Tanzania, Bangladesh y China [9-10]. En el segundo caso se tienen ejemplos como los del bisfenol A, ftalatos y retardantes de flama, prohibidos en ciertas aplicaciones en la Unión Europea y con restricciones en otros países [11].
Obligatoriedad	Las principales medidas que implican obligaciones son: a) El forzar que las bolsas sean biodegradables, en este caso se encuentran ciudades y países como California, Hawaii, París, Argentina, Brasil y Chile. b) Exigir un contenido mínimo de material reciclado c) Exigir un calibre mínimo en las bolsas, como ha ocurrido en Etiopía, Kenia, Sudáfrica, Uganda e India d) Obligar a los establecimientos que obsequian bolsas a participar en programas de reciclaje, como ocurre en Alemania y algunas ciudades de California [10]

3.2 El caso de la Ciudad de México

En México la problemática asociada a los residuos plásticos se maneja generalmente a nivel local, al ser éstos parte significativa de los residuos sólidos urbanos. En el Distrito Federal se estableció inicialmente una medida que buscaba la obligatoriedad del uso de ciertos minerales. De acuerdo con la justificación que se planteó, “con el fin de disminuir el uso indiscriminado de bolsas plásticas y fomentar el uso de materiales con menor impacto ambiental”, en marzo de 2009 la Asamblea Legislativa del Distrito Federal modificó la Ley de Residuos Sólidos, prohibiendo que los establecimientos mercantiles proporcionasen a sus clientes bolsas de plástico, a menos que éstas fueran biodegradables [12]. La medida, extremadamente controversial, desató una serie de discusiones sobre su utilidad y viabilidad, dada la carencia de mecanismos oficiales de evaluación o de certificación de los plásticos degradables y biodegradables, que impiden brindar certeza sobre las afirmaciones que al respecto hacen los fabricantes o distribuidores. Ante la presión de la industria del plástico y otros actores involucrados la legislación cambió nuevamente en septiembre de 2010, y aunque se eliminó la prohibición original, la legislación vigente recomienda el uso de bolsas biodegradables como complemento a las medidas que favorecen el reúso y reciclaje, o de aquellas que contienen aditivos no compatibles con el reciclaje, siempre y cuando se desintegren en un periodo menor a los 5 años (es decir, oxodegradables) [13].

La ley, carece del sustento normativo que permita darla cumplimiento. Sin embargo, estas disposiciones impulsaron a los fabricantes de bolsas plásticas a modificar las tecnologías tradicionales y a utilizar nuevos materiales, mediante dos estrategias: el uso de plásticos oxodegradables y, en menor medida, la sustitución por resinas biodegradables hidrolizables. Tanto las modificaciones legislativas como el uso de este tipo de plástico se han reproducido en otras partes del país; se han generado prohibiciones equivalentes en San Luis Potosí, Tabasco y Quintana Roo, y propuestas legislativas en Baja California, Zacatecas, Aguascalientes, Michoacán, Veracruz, Puebla y Oaxaca, además de campañas anti-bolsas en 8 estados más [14]. Se estima que el 5% de las bolsas de plástico que se producen en el país son oxodegradables [15].



3.3 Disposiciones legales y gestión de residuos

A pesar de las disposiciones establecidas, el manejo de residuos plásticos y de residuos sólidos urbanos en general es todavía uno de los grandes retos ambientales que enfrenta la Ciudad de México. La gestión de los residuos se transformó radicalmente durante 2011, a consecuencia del cierre del relleno sanitario Bordo Poniente. Aunque la Ley de Residuos establecía desde 2003 la obligatoriedad de la separación en fracciones orgánica e inorgánica hasta 2010 sólo se había logrado parcialmente. En 2011 hubo un relanzamiento de la iniciativa, ante la inminencia del cierre del sitio de disposición final con que cuenta la ciudad. La estrategia planteada es la separación total, que permita el aprovechamiento de la fracción orgánica y el reciclaje de los recuperables contenidos en la fracción inorgánica.

En el escenario actual las bolsas y el resto de los residuos plásticos son considerados dentro de la fracción inorgánica [16], por lo que tienen tres destinos posibles: a) llegar a las plantas de selección de residuos de Bordo Poniente, San Juan de Aragón y Santa Catarina, con una capacidad instalada conjunta (no utilizada al 100%) de 6 500 toneladas/día [17], para su posterior reciclaje; b) Ser trasladados junto con el resto de los residuos a rellenos sanitarios del Estado de México [18] y c) Incluirse en la masa de residuos que serán valorizados energéticamente en el horno de cementeras [19]. La valorización, ya sea material o energética, requiere de estructuras organizacionales y mercados sólidos para implementarse; hasta el momento se carece de capacidad para procesar por estos medios un porcentaje mayoritario de los residuos plásticos, con excepciones como el PET. A este respecto es importante señalar que no se tiene información oficial sobre el manejo actual de residuos y el destino que se da a cada fracción.

El uso de plásticos biodegradables en envases y embalajes permitiría su aprovechamiento en la fracción orgánica de los residuos. Al momento, ésta se procesa únicamente por composteo. Durante 2010 funcionaron en el Distrito Federal 6 plantas de composta: Xochimilco, Milpa Alta, Cuajimalpa, Iztapalapa, Cuajimalpa, Álvaro Obregón y Bordo Poniente; hasta entonces tenían una capacidad de procesamiento de 78,000 toneladas anuales, de las cuales el 93% correspondían a Bordo Poniente. En ese año se procesaron aproximadamente 41,000 toneladas de residuos [20]. En 2011 se trabajó intensamente en la ampliación de la capacidad de la planta de Bordo Poniente, que pasó de procesar 200 toneladas diarias hasta más de 2000 en el mes de octubre, en 100 pilas de tratamiento [21], sin embargo, no se tiene certeza sobre el límite máximo de residuos que podrá procesarse tanto en ésta como en el resto de plantas de composta del D. F. Sin embargo, en función del esquema de separación de residuos establecido, la recomendación del uso de bolsas biodegradables no tiene sentido, al concentrarse los plásticos con la fracción inorgánica.

4. Conclusiones

El aumento en la generación de residuos plásticos es uno de los retos a enfrentar en los sistemas de gestión de la Ciudad de México. Una de las medidas con las que se ha tratado de solucionar es la promoción sobre el uso de materiales biodegradables y degradables, sin embargo, debe tenerse muy claro que dicha acción reportará beneficios ambientales únicamente si se articula con las acciones de manejo de los residuos, y se complementa con medidas como la valorización energética y el reciclaje.

Un aspecto relevante es la educación. En la medida en que los legisladores, productores y la sociedad en su conjunto entiendan las características de estos materiales, se tendrán elementos para su utilización sólo en el contexto en el que verdaderamente constituyan una ventaja.

5. Referencias bibliográficas

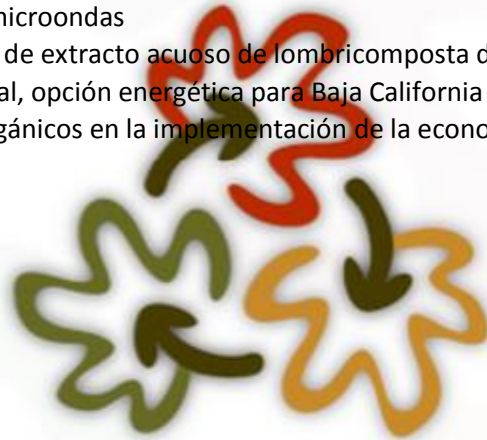
- [1] Thompson, R.C., S.H. Swan, C.J. Moore y F.S. vom Saal, *Our plastic age*. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 2009. 364(1526): p. 1973-1976.



- [2] Hermann, B.G., K. Blok y M.K. Patel, *Twisting biomaterials around your little finger: environmental impacts of bio-based wrappings*. Int J Life Cycle Assess, 2010. 15: p. 346-358.
- [3] Teuten, E.L., J.M. Saquing, D.R.U. Knappe, M.A. Barlaz, S. Jonsson, A. Björn, S.J. Rowland, R.C. Thompson, T.S. Galloway, R. Yamashita, D. Ochi, Y. Watanuki, C. Moore, P.H. Viet, T.S. Tana, M. Prudente, R. Boonyatumanond, M.P. Zakaria, K. Akkhavong, Y. Ogata, H. Hirai, S. Iwasa, K. Mizukawa, Y. Hagino, A. Imamura, M. Saha y H. Takada, *Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife*. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 2009. 364(1526): p. 2027-2045.
- [4] INEGI, *Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 2011*. 2012, México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 155.
- [5] CEP, *Estadísticas sobre plásticos*. 2011, Centro empresarial del plástico: México, D. F.
- [6] Krzan, A., S. Hemjinda, S. Miertus, A. Corti y E. Chiellini, *Standardization and certification in the area of environmentally degradable plastics*. Polymer degradation and stability, 2006. 91: p. 2819-2833.
- [7] ASTM D883, *Standard terminology relating to plastics*. 2000, ASTM International.
- [8] Avella, M., E. Bonadies, E. Martuscelli y R. Rimedio, *European current standardization for plastic packaging recoverable through composting and biodegradation*. Polymer Testing, 2001. 20(5): p. 517-521.
- [9] Tolinski, M., *Plastics and sustainability*. 2012, Massachusetts: John Wiley and Sons. 277.
- [10] DEP, *Retail bags report for the legislature*. 2010, Florida Department of Environmental Protection: Florida. p. 57.
- [11] Freinkel, S., *Plastic: a toxic love story*. 2011, New York: Houghton Mifflin Harcourt Publishing Company. 324.
- [12] GDF, *Decreto por el que se adicionan diversas disposiciones de la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal*. 2009, Gaceta Oficial del Distrito Federal. p. 5.
- [13] GDF, *Decreto por el que se reforman los artículos 3, 6, 7, 8, 10, 11, 11 Bis, 14, 18, 23, 25, 26 Bis, 26 Bis 1, 33, 33 Bis, 33 Bis 1, 38, 45, 46, 55 y 69 de la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal*. 2010, Gaceta Oficial del Distrito Federal. p. 4.
- [14] De la Tijera, E., *Regulaciones y estándares ambientales sobre bolsas de plástico*, in *Foros sobre la sustentabilidad de los plásticos*. 2010: México, D. F.
- [15] Blanco, R., *Presentación de los aditivos d2w y d2p de la empresa Symphony*, México, D. F. 2011.
- [16] SMA, *Cómo y por qué separar la basura*. SF, Ciudad de México. p. 24.
- [17] SMA, *Inventario de residuos sólidos 2008*. 2009, Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal.
- [18] Gómez Flores, L. y J. Quintero M., *Acuerdan GDF y Edomex canalización de basura ante cierre de Bordo Poniente*, in *La Jornada*. 2011.
- [19] Ramos, A., *Usa CEMEX basura de los capitalinos*, in *Reforma*. 2012: México, D. F.
- [20] SMA, *Inventario de residuos sólidos 2010*. 2011, Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal.
- [21] Díaz, J., *Visita a la planta de composteo de Bordo Poniente*. 2011: Ciudad de México.

MESA 3: RECUPERACION DE ENERGIA A PARTIR DE RESIDUOS

- Potencial de generación de energía alterna a partir del metano generado en el relleno clausurado de Morelia, Michoacán
- Efecto del extracto acuoso de lombricomposta sobre el crecimiento de *ettlia oleoabundanse*
- Estimación del potencial energético de la biomasa residual de algodón (*Gossypium hirsutum*) en Baja California
- Producción de Biodiesel a partir de grasa láctea residual proveniente de Liconsa por irradiación de microondas
- Caracterización de extracto acuoso de lombricomposta derivada de un sustrato cítrico.
- Biomasa residual, opción energética para Baja California
- Los residuos orgánicos en la implementación de la economía basada en hidrógeno



5° Encuentro Nacional de Expertos en Residuos sólidos

“Transformando residuos, construyendo sustentabilidad”

XALAPA, VERACRUZ 2012



Potencial de generación de energía alterna a partir del metano generado en el relleno clausurado de Morelia, Michoacán.

^{1*}Otoniel Buenrostro Delgado, ¹Carlos A. González Razo, ²Ma. del Consuelo Hernández Berriel, ³Fabián Robles Martínez y ¹Liliana Márquez Benavides

¹Laboratorio de Residuos Sólidos y Medio Ambiente. Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Av San Juanito Itzicuaró S/N, Col. San Juanito Itzicuaró. C.P.58302. Tel/Fax (443) 3.34.04.75 ext 115. Morelia, Michoacán, México. *email: otonielb@umich.mx

²Instituto Tecnológico de Toluca. Av. Tecnológico S/N, Frac. Ex-Rancho La Virgen. Metepec, Estado de México, México.

³Unidad Profesional Interdisciplinaria. Instituto Politécnico Nacional. Av. Acueducto s/n, C.P. 07340. México D.F., México.

Resumen

En México, en el periodo 1990-2002 las emisiones de biogás por disposición de residuos sólidos se incrementaron 115%; el metano contribuyó con 24% de las emisiones totales. Este trabajo plantea conocer el volumen y composición del biogás del relleno clausurado de Morelia para ver la viabilidad de aprovechamiento como fuente de energía alternativa. Se midieron las emisiones de biogás (% en volumen) durante un año y el flujo (m^3/hr) durante cuatro meses, en 49 pozos de venteo a tres metros de profundidad. Se utilizó un analizador portátil GEM-2000 plus que midió el porcentaje en volumen de CH_4 , CO_2 , O_2 y gases traza (N_2 , H_2S y CO). La medición se realizó por la mañana para asegurar una menor interferencia de la humedad y temperatura. Entre los principales resultados se obtuvo una generación promedio 45.6 % de CH_4 , 32.4 % de CO_2 , 3.1 % de O_2 y 18.9 % en balance. La cantidad de metano fue de $285.76 \text{ m}^3/\text{hr}$ y de $2,503,270 \text{ m}^3/\text{año}$. Si se adecuaron los tubos de venteo a una profundidad de diez metros, la eficiencia de captación aumentaría hasta un 71% ($953 \text{ m}^3/\text{hr}$). El modelamiento de la generación de biogás, estimó un flujo máximo después de la clausura del sitio, disminuyendo exponencialmente con el tiempo mientras que la materia orgánica de los residuos se consume. Se determinó un potencial de generación de energía eléctrica de 10.5 MW en el periodo (2007-2036). Los resultados sugieren la ventaja de instalar sistemas de captación de biogás, tanto en los rellenos actuales, como en los que se construirán, para reducir el efecto de invernadero y como fuente de energía renovable.

Palabras Clave: Biogás, energía, metano, relleno, residuos.

1. Introducción

Los gases producidos durante la degradación biológica de la fracción orgánica de los residuos dispuestos en sitios de disposición incluyendo al metano, pueden ser arrojados a la atmósfera contribuyendo al cambio climático global. Hoy en día es común la recuperación de gas como una medida para la reducción de las emisiones de metano generadas en los RESA. El monitoreo de biogás y su capacidad de ser usado por la conversión a calor y posteriormente a energía alternativa,

¡Transformando residuos; construyendo sustentabilidad!



es uno de los principales parámetros sobre los RSU que se están tratando en países desarrollados haciendo frente al problema sobre cambio climático [1].

Los inventarios en países en vías de desarrollo son importantes, ya que el metano también pudiera ser utilizado como fuente de energía alternativa, debido a que su recuperación requiere de información precisa acerca de los parámetros que influyen en la tasa de generación, cantidad y composición de los RSU que ingresan a estos sitios [2].

Desde 1996, se ha identificado los sitios de disposición de residuos como una fuente clave de emisiones de GEI en nuestro país. De acuerdo con el Inventario Nacional de Gases de Invernadero por categoría, el metano contribuyó con el 24 % de emisiones nacionales totales por disposición de residuos en rellenos sanitarios en el 2002. Las emisiones por disposición de residuos sólidos tuvo un incremento significativo entre 1990 y 2002, con 115%, originados por el impulso al mejor manejo de los residuos sólidos, en particular la disposición en rellenos sanitarios [3]. Sin embargo, en la actualidad son pocos los municipios en nuestro país, como Guadalajara, Monterrey y Mérida, que llevan a cabo estudios de producción de biogás en RESA o aprovechamiento del metano para generar electricidad y actuar como fuente de energía alternativa. Este trabajo plantea conocer el volumen del biogás que se genera en el relleno clausurado de Morelia, Mich. El objetivo específico fue determinar el potencial de generación de energía eléctrica a partir del metano producido.

2. Desarrollo

2.1. Análisis físicos

2.1.1 Materia orgánica e inorgánica

Se tomaron muestras de residuos de 16 pozos a tres metros de profundidad del sitio de estudio, el cual se dividió en cuatro cuadrantes, de acuerdo con el tiempo de confinamiento de los residuos sólidos, siendo el uno el de mayor tiempo y el cuarto el más reciente. Para cuantificar los residuos de materia orgánica (peso fresco) en cada muestra se seleccionaron los subproductos de acuerdo con [4], en residuos alimenticios, de jardín, material fino, lodos residuales, cenizas, papel higiénico, servilletas, papel, periódico, cartón, textiles, madera, caucho, cuero, huesos, paja y el 20% del material con que se fabrican los pañales y como materia inorgánica todos los demás subproductos encontrados en las muestras.

2.1.2. Degradabilidad de los componentes de los residuos sólidos

Una vez caracterizados los residuos se catalogaron con base en su capacidad de degradación, de acuerdo con [4] [5] [6] [7].

2.2. Análisis químicos

Los análisis químicos realizados fueron sólidos totales (ST), con la técnica descrita en el Standard Methods [8], cenizas, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NMX-AA-018-1984 [9] y sólidos volátiles (SV), de acuerdo con la técnica descrita en el Standard Methods [8].

2.3. Monitoreo del biogás en el sitio de estudio

2.3.1. Medición de emisiones y flujo de biogás

Transformando residuos; construyendo sustentabilidad!



Se midieron las emisiones de biogás (% en volumen) durante un año y el flujo (m^3/hr) por cuatro meses, en los 49 tubos de venteo del sitio de estudio. Se utilizó un analizador portátil GEM-2000 plus (Landtec®). La medición se realizó por la mañana (de 9:00 am a 13:00 pm) para asegurar una menor interferencia de factores externos como los cambios de humedad y temperatura. Para obtener el flujo de metano emitido en $\text{m}^3/\text{año}$, se multiplicaron los promedios del volumen y el flujo obtenidos de los cuatro meses de muestreo, sin considerar la cantidad total de biogás generada. Los cálculos se hicieron por tubo de venteo y a su vez por cuadrante. Finalmente, el producto resultante se multiplicó por las 8,760 horas que tiene un año.

2.3.2. Cálculo de las emisiones totales de metano en el sitio de estudio

Se aplicó el modelo Mexicano de Biogás (versión 2.0) [4] para calcular la generación de biogás a partir de la fecha de clausura (2007) del sitio de estudio. Como insumos al modelo fueron datos del sitio referentes a prácticas de operación, riesgos de incendios, profundidad y tipo de la celda, año de inicio de recepción y grado de compactación de los residuos, ubicación del sitio y cantidad de residuos recibidos desde el inicio de operaciones ($\text{ton}/\text{año}$).

2.4. Análisis estadístico de los datos

Los datos de campo y de laboratorio se ordenaron por pozo y cuadrante para formar una base de datos en el programa Excel.

Con base en los resultados de composición y análisis de los parámetros físicos y químicos de las muestras de RSU se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con el programa estadístico JMP Versión 6.0 por cuadrante, para corroborar si existían diferencias estadísticamente significativas entre los cuatro cuadrantes del sitio de disposición con respecto al comportamiento de estas variables.

3. Resultados y discusión

3.1. Contenido de materia orgánica e inorgánica

El contenido promedio de fracción orgánica de los 16 pozos fue del 63.2%, siendo predominante los componentes de fracción no identificable, residuos alimenticios y de jardín, fibra dura vegetal, hueso, madera, heces, cartón, papel, textiles, zapatos, pelo, cuero, paja y cera. El plástico, vidrio, metal, concreto, escombros y otros materiales inertes, ocuparon el 36.8%. Con respecto a la composición de los residuos entre los cuadrantes se muestra una gran heterogeneidad en los resultados; esto puede deberse a diversos factores tales como las variaciones estacionales y la modificación en los patrones de consumo debido a los cambios económicos y demográficos experimentados en la ciudad [2], [10].

Un estudio previo de caracterización efectuado en el 2011 en la ciudad de Morelia dio como resultado un 77.57% de materia orgánica; similar al 77.07% encontrado en un estudio realizado en el 2004 [11], lo cual refleja que aunque la ciudad de Morelia ha experimentado cambios económicos, estos no se han extendido a toda la población prevaleciendo los patrones de consumo de acuerdo con el estilo de vida rural.

3.2. Determinación de la capacidad de degradación de los componentes de los residuos sólidos.

Los componentes se categorizaron en residuos de degradación muy rápida 49.5% (residuos alimenticios, residuos finos, lodos residuales, otros orgánicos y el 20% del material de pañales); residuos de degradación moderadamente rápida 3.6% (residuos de jardín, papel higiénico o

Transformando residuos; construyendo sustentabilidad!



servilletas); residuos de degradación moderadamente lenta 8.2% (papel, periódico, cartón y textiles), residuos de degradación lenta 1.7% (madera, caucho, cuero, huesos y paja) y residuos no biodegradables 37% (plástico, vidrio, metal, concreto, escombros y otros materiales inertes). Se encontraron componentes no considerados en la agrupación propuesta por [4]. Los residuos de muy rápida degradación fueron predominantes en las celdas más recientes (alrededor del 60%), lo cual indica que en las celdas más antiguas, estos residuos ya fueron degradados.

3.3. Análisis químicos

Los resultados sobre Sólidos Totales muestran valores entre el 62 al 68% (promedio para el sitio de 62.4), los más bajos se encontraron en los cuadrantes II y III, aunque los ANOVA no mostraron diferencias significativas; no obstante estos valores se relacionan con un mayor contenido de humedad en estos cuadrantes.

Los valores de Sólidos Volátiles están en un rango de 33 al 56% (promedio para el sitio de 47.5%), encontrándose los menores en el cuadrante I y el mayor en el cuadrante IV, lo cual se relaciona con la edad de los residuos.

La figura 1 muestra los promedios de la fracción orgánica y de los SV, en la que se observa una relación entre el estado de degradación de los residuos y el tiempo de confinamiento de los residuos.

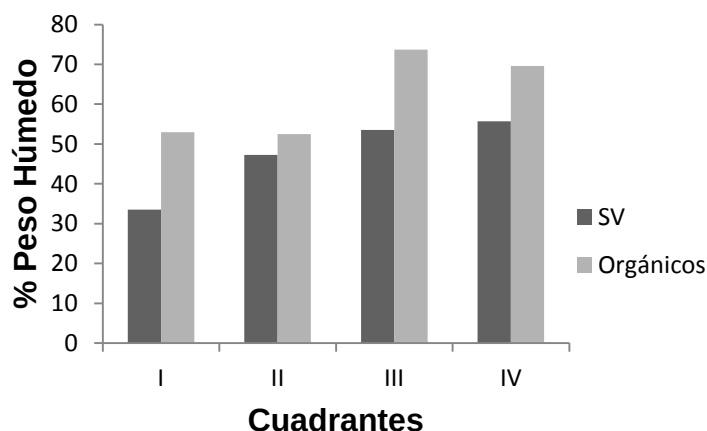


Figura 1. Contenidos promedio de sólidos volátiles y fracción orgánica (%) en el sitio de estudio

3.4. Monitoreo del biogás en el sitio de estudio

3.4.1. Medición de emisiones y flujo de biogás

La generación promedio de biogás del sitio fue de un 45.6 % de CH_4 ; 32.4% de CO_2 ; 3.1% de O_2 y 18.9 % en balance; no obstante, se observaron diferencias entre los pozos, de acuerdo con el cuadrante. Los resultados de emisión de metano a tres metros de profundidad fueron de 285.76 m^3/hr y de 2,503,270 $\text{m}^3/\text{año}$. Las emisiones difieren de un sitio con respecto a otro e incluso dentro de un mismo sitio; no obstante Machado et al; (2008) utilizaron la ecuación de Lobo (2003) y obtuvieron un L_0 66.62 $\text{m}^3\text{CH}_4/\text{Ton}$ en muestras de RSU recientes generadas en un clima tropical húmedo ubicado en la Bahía del Salvador, Brasil; un L_0 mayor al obtenido en

Transformando residuos; construyendo sustentabilidad!



muestras recientes caracterizadas en este estudio ($57.93 \text{ m}^3 \text{CH}_4/\text{Ton}$). Este resultado puede deberse a diversos factores entre los que destaca la humedad, fracción biodegradable o la composición.

3.4.2. Cálculo de las emisiones totales de metano en el sitio de estudio

Con los datos del monitoreo en campo provenientes de los tubos de venteo a una profundidad de tres metros, se calcularon las emisiones del total de la profundidad de las celdas en el sitio que es de 10 metros. El total calculado para el sitio durante el año 2011 fue de $8,344,234.37 \text{ m}^3/\text{año}$.

Con el programa del modelo mexicano se calculó el volumen de producción de biogás, que se sustenta en una producción del 50% de metano; sin embargo, los resultados de las mediciones reales en campo presentaron solo el 45.6% de metano por lo que los resultados de volumen de biogás se adecuaron a este porcentaje.

Los resultados muestran una producción máxima de metano en el 2008 de $13.29 \text{ m}^3/\text{Ton RSU año}$ y para el 2011 de $598.55 \text{ m}^3/\text{hr}$, de los cuales el metano tendría un valor de $299.27 \text{ m}^3/\text{hr}$ a un 50% de su volumen; mientras los resultados en campo fueron de una emisión de metano de $285.76 \text{ m}^3/\text{hr}$ a 3 metros y de $953 \text{ m}^3/\text{hr}$ a 10 metros a un 46.5% de su volumen.

El modelo estimó los datos de generación de biogás y su recuperación en el sitio de estudio hasta el año de 2036 (figura 2).

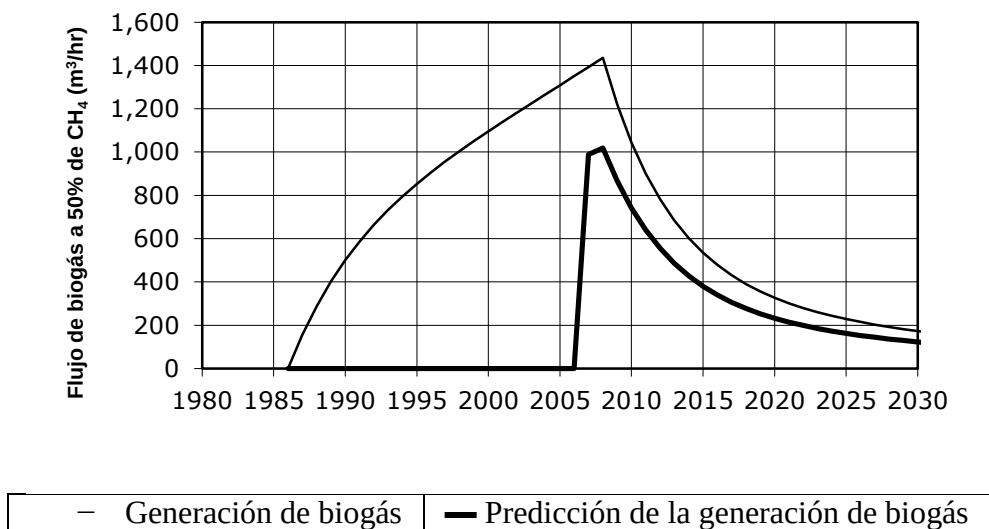


Figura 2. Generación actual de CH_4 calculado en el relleno clausurado Morelia.

El modelo estimó un flujo máximo en el 2008 en el sitio de $953 \text{ m}^3/\text{hora}$ y una recuperación predictoria de $200 \text{ m}^3/\text{hora}$ con una capacidad de producción de energía eléctrica de 0.33 MW (figura 2). El flujo máximo en el sitio se presenta después de la clausura y disminuye exponencialmente con el tiempo mientras que la materia orgánica de los residuos se consume.

Transformando residuos; construyendo sustentabilidad!



4. Conclusiones

1. Los resultados sobre los análisis físicos y químicos muestran diferencias estadísticas significativas en un mismo sitio lo que permite asegurar diferencias en la producción de biogás, de k y L_0 .
2. En el RTC de Morelia se presenta una degradación de la materia orgánica a diferentes periodos como lo demuestra con el análisis estadístico entre cuadrantes.
3. De las categorías de degradación de los residuos, aproximadamente el 60% es altamente degradable en la última porción donde se depositaron los residuos (cuadrante III y IV) y es en esta parte donde se presenta la mayor producción de biogás; por lo tanto, se observa que existe una influencia de la edad y el tiempo de confinamiento en la degradación de los residuos sólidos lo que incide en la producción diferencial de las tasas de emisión de biogás en el RTC de Morelia a lo largo del tiempo, a pesar de las deficiencias en su cobertura.
4. En el sitio se identificó un potencial de hasta 10.5 MW de capacidad de generación de energía eléctrica que resulta de la sumatoria de los años del potencial productivo (2007-2036) con un 71% de eficiencia de captación.
5. Es recomendable instalar sistemas de captación de biogás para explotar la energía que genera el metano, pues estaría utilizándose fuentes de energía renovable y se reduciría el efecto de invernadero ocasionado.

Referencias Bibliograficas

- [1] Yilmaz, A. Atalay F, Modeling of the Anaerobic Decomposition of Solid Waste. *Energy Sources*. Vol. 25. 2003. pp.1063-1072.
- [2] Buenrostro, O. Bocco, G. & Bernache, G. Urban Solid Waste Generation and Disposal in Mexico. A Case Study. *Waste Management & Research*. Vol. 19. 2001. pp. 169-176.
- [3] INE/SEMARNAT. *Tercera comunicación nacional ante la convención marco de las Naciones Unidas frente al cambio climático*. 1^{ra}. Ed. 2006. S y G editores. México.
- [4] SCS Engineers. *Manual de Usuario Modelo Mexicano de Biogás Versión 2.0*. http://www.epa.gov/lmop/documents/pdfs/manual_del_usuario_modelo_mexicano_de_biogas_v2_2009.pdf, 07/10/2009.
- [5] Gregory, R.G. Attenborough, M.G. Hall, C.D. and Deed, C. *The Validation and Development of an Integrated Landfill Gas Risk Assessment Model GasSim*. Proceedings of the 10th International Waste Management and Landfill Symposium. Pags. 501-502. S. Margherita di Pula, Sardinia, Italy. Octubre 3-7, 2005.
- [6] USEPA. *Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2000. Report Number EPA430/R-02/003 (NTIS PB2003-102522)*. U.S. Environmental Protection Agency editores. 2002. Washington, DC.
- [7] Machado, S. Carvalho, M. Gourc, J.P. Vilar, O. and Nascimento, J.C. Methane Generation in Tropical Landfills Simplified Methods and Field Results. *Waste Management*. 2008. Doi:10.1016/j.wasman.02.017.
- [8] APHA. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 28^{ava} ed. 1998. Washington D.C.

¡Transformando residuos; construyendo sustentabilidad!



- [9] SECOFI. Norma Oficial Mexicana NMX-AA-018-1984. Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos municipales-Determinación de cenizas. 1984. México. pp. 1-5.
- [10] Buenrostro O; and Bocco G. Solid Waste Management in Municipalities in México: Goals and Perspectives. Resources Conservation and Recycling. 39:251-263. 2003.
- [11] Claudio, G. Y. 2006. Análisis de Generación de los Residuos Sólidos Residenciales en Morelia, Michoacán. Tesis de Licenciatura. Facultad de biología. UMSNH. Morelia, Michoacán, México.

¡Transformando residuos; construyendo sustentabilidad!





Efecto del extracto acuoso de lombricomposta sobre el crecimiento de *Ettlia oleoabundans*

Alberto García Jiménez, Ana Lileni Soberano Lagunes, Eduardo Hernández Hernández, Florencia Chena Becerra, Jonathan Gómez Hernández, Lizbeth Estrada Vargas y Ricardo Barradas Barradas

Laboratorio de Ficología, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n Zona Universitaria C.P. 91090, tel. (228) 8421748 zs09008971@malum1.uv.mx

Resumen

Las microalgas son estudiadas debido a su capacidad de servir como fuente de biomasa para combustibles renovables, entre ellos el biodiesel. En este marco, el cultivo de *Ettlia oleoabundans* ha demostrado ser una alternativa prometedora debido a su alto contenido lipídico celular, sin embargo, son necesarios estudios que contribuyan a la disminución de los costos de producción y que ofrezcan una mayor gama de sustratos nutritivos. En el presente estudio, se realizaron cultivos de *E. oleoabundans* usando extractos acuosos de lombricomposta como sustrato a diferentes concentraciones (10% y 20% v/v) a una intensidad lumínica de $14 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Los resultados obtenidos muestran que el extracto acuoso de lombricomposta es un sustrato alternativo sustentable y efectivo para la producción de *E. oleoabundans*.

Palabras clave: Biocombustible, cultivo de microalgas, extracto acuoso, lombricomposta de cítricos, sustrato nutritivo.

1. Introducción

El Biodiesel está compuesto por ésteres de alquilo de ácidos grasos, lo que ha permitido que sea usado como combustible alternativo en motores. Actualmente, es uno de los combustibles más prometedores para el futuro [12]. En este ámbito, las microalgas oleaginosas se consideran una materia prima con potencial para la producción sustentable del biodiesel [7], debido a que tienen ritmos de crecimiento y eficiencia fotosintética mucho mayores que las plantas terrestres usadas convencionalmente en la producción de biodiesel [14].

A pesar de esto, el mayor obstáculo para la producción de aceite microalgal son los altos costos de producción, lo que se espera resolver a través de innovaciones y desarrollo tecnológico [14]. Estos costos de producción guardan relación con factores físicos y químicos como el pH, la intensidad lumínica, sustrato nutritivo y temperatura, los cuales tienen una relación directa con la productividad celular, contenido lipídico y crecimiento específico poblacional, en otras palabras, con la eficiencia de producción por parte de la microalga determinada [9].



Esto, aunado a la mayor dificultad para encontrar petróleo de fácil acceso, ha desatado la búsqueda de un material biológico que mantenga alta productividad celular y lipídica, en pro de una mayor producción de biocombustibles económicos y sustentables [14].

Se ha reportado que *E. oleoabundans* tiene la capacidad de acumular grandes cantidades de lípidos celulares [6], de los cuales más del 80% son triglicéridos, y la mayor parte de los ácidos grasos saturados son cadenas de 16 a 20 carbonos, ideales para la producción del biocombustible; siendo así una de las especies más prometedoras para el desarrollo de esta tecnología [14].

No obstante, es poco el conocimiento que se tiene sobre su biología: ritmos de crecimiento, efecto de la intensidad de luz sobre su producción celular, correlación del contenido lipídico con factores físicos y químicos.

Los resultados de Loera-Quezada *et al.*, [9] sugieren que la intensidad lumínica afecta considerablemente el crecimiento microalgal.

Yang *et al.*, [13] cultivaron *E. oleoabundans* en un sustrato económico a base de efluentes de desperdicios agrícolas, sin embargo, la producción de lípidos celulares fue baja.

Se han realizado pocos estudios sobre el cultivo de algas en extractos acuosos de lombricomposta (EAL) o humus líquido. Pouneva [10] realizó un experimento sobre *Scenedesmus acutus*, *Chlorella vulgaris*, *Anabaena variabilis* y *Nostoc commune*, comprobando que este tipo de medio natural aumenta la producción de biomasa, proteína, contenido clorofila, carotenoides, entre otras moléculas. Sin embargo, no existen reportes de los efectos de este tipo de nutrientes sobre el crecimiento poblacional de *E. oleoabundans*. Al ser esta una fuente de nutrientes natural y eficiente para el desarrollo de plantas vasculares [1, 2] y de algunas algas [10], el uso de extracto acuoso de lombricomposta como sustrato debería mostrar un adecuado crecimiento poblacional de *E. oleoabundans*. En el presente trabajo se evaluó el efecto del uso del extracto de lombricomposta de cítricos como sustrato para el cultivo de *E. oleoabundans*.

2. Desarrollo

2.1 Cepa microalgal

Se utilizó la cepa *Ettlia oleoabundans* proveniente de la colección de algas de la Universidad de Texas (Clave UTEX 1185) proporcionada por la UNAM.

2.2. Sustratos

2.2.1 Extracto acuoso de lombricomposta (EAL)

Para extraer el medio de cultivo, se utilizó lombricomposta (previamente homogenizada y tras un almacenamiento de dos semanas) hecha a base de residuos cítricos, de la cual se tomó 1 Kg y se agregaron 5 L de agua purificada. Esta preparación se dejó durante 48 h agitándose cada 8 h para favorecer la resuspensión de sólidos y disolución de nutrientes.



Finalizado este proceso se separó el líquido (extracto) por filtración a través de manta cruda y se embotelló en plástico. Se obtuvieron 3.5 L de extracto de lombricomposta el cual fue filtrado a través de papel de Whatman no. 1 y esterilizado en autoclave por 15 min a 120°C y 15 lb in⁻².

2.2.2 Medio Basal Bold (MBB)

Para el MBB se utilizaron los siguientes compuestos (mg/L⁻¹): NaNO₃ (250); CaCl₂•2H₂O (25); MgSO₄•7H₂O (75); K₂HPO₄ (75); KH₂PO₄ (175); NaCl (25); N₃BO₃ (11.42); ZnSO₄•7H₂O (8.82); MnCl₂•4H₂O (1.44); Na₂MoO₄•6H₂O (1.42); CuSO₄•5H₂O (1.57); Co(NaNO₃)₂•6H₂O (0.49); Na₂EDTA (50); KOH (31) y FeSO₄•7H₂O (4.98). El medio se esterilizó en autoclave durante 15 min a 120°C y 15lb in⁻² [3].

2.3 Condiciones de cultivo

Del cultivo axénico se tomaron tres sub-muestras para realizar tres tratamientos. Para el primer tratamiento se usó MBB ajustado a un pH de 7.2, el cual fue tomado como control. Dos tratamientos más fueron usados para cultivar el alga a distintas concentraciones de EAL (10% y 20% v/v).

Cada tratamiento se cultivó por duplicado a una intensidad lumínica de 14 μmol m⁻² s⁻¹ dentro de tubos de ensayo con rosca de 50 mL. Se añadieron 5 mL del respectivo sustrato nutritivo y 30 mL de alga con una concentración aproximada de 2,172,500 cel. mL⁻¹ ± 616,567 cel. mL⁻¹. Cada cultivo se agitó manualmente dos veces al día.

El experimento se realizó en el laboratorio de Ficología de la Facultad de Biología de la Universidad Veracruzana, con una duración de 19 días y un fotoperiodo de 12 h bajo espectro completo de luz fría.

2.4 Densidad celular

Para el cálculo de la densidad celular se usó un hemocitómetro o cámara de Neubauer. El conteo fue realizado diariamente a lo largo de todo el experimento. Se calculó la tasa de crecimiento específica según la fórmula adaptada de Loera-Quezada *et al.*, [9]:

$$\mu = \frac{(\ln x_2 - \ln x_1)}{\Delta t} \quad (1)$$

En donde X₁ y X₂ representan la densidad de biomasa inicial y final, respectivamente, y Δt es el intervalo de una toma a la siguiente.

2.3 Análisis estadístico

Análisis de ANOVA de una vía se aplicó para identificar diferencias significativas entre los sustratos. Para el análisis se utilizó el programa estadístico STATISTICA Ver. 7.

3. Resultados y discusiones

El cultivo de *E. oleoabundans* expuesto a dos sustratos nutritivos presentó diferentes efectos sobre el crecimiento celular. En todos los casos se observaron tres fases de



crecimiento que, en un cultivo por lote teóricamente se presenta [15]. En el caso de los tratamientos con extracto de lombricomposta (10% y 20% v/v) se presentó un crecimiento semejante a aquél con MBB (figura 1).

Lo anterior, se debe a la presencia de N y P en el extracto de lombricomposta, donde la caracterización preliminar mostró concentraciones de 17 N-NH₄, 18.7 N-NO₃ y 3.2 P-PO₄ (mg L⁻¹).

Soto y Meléndez, [11] exponen que el extracto acuoso de lombricomposta mejora la eficiencia en el manejo de nutrimentos y del agua, ya que presenta una lenta liberación de nutrientes y, en el mejor de los casos, se libera un 50% del contenido total de nitrógeno [4]. Lo anterior podría mejorar el aprovechamiento del recurso hídrico al mantener productividad celular durante periodos más prolongados, alimentando lentamente a las algas. Caso distinto en relación con aquellos presentes en cultivos de medios nutritivos inorgánicos en donde la totalidad de nutrientes se encuentran controlados [9] y disponibles para la asimilación por las algas.

Por otro lado, García-Gómez *et al.*, [5] mencionan que el lixiviado de lombricomposta producido a partir de excretas vacunas posee una riqueza mayor de nutrientes (Ca 58±9.2, Mg 834±71.1, N-NO₃ 247.0±43.2, P-PO₄ 168.0±11.4) que el sustrato utilizado en este estudio, por lo que representar otro medio de cultivo viable, económico y sustentable para la producción de microalgas.

Respecto a las tasas de crecimiento se presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos EAL 20% y MBB. Así mismo, el EAL 10% y MMB no presentaron diferencias significativas en la tasa de crecimiento, lo cual sugiere un sustrato alternativo que aún al ser diluido en una proporción 1:10 (EAL 10%) mantiene un desempeño semejante al de sustratos inorgánicos comerciales (MBB).

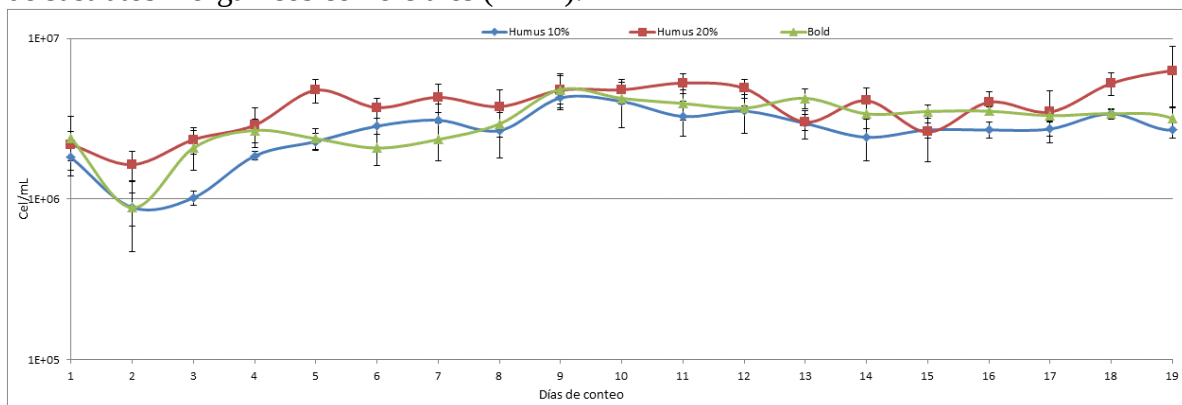


Figura 1. Número de células por mililitro en los tres diferentes tratamientos nutritivos, durante 19 días de cultivo, con una intensidad lumínica de 14 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

A pesar de que la intensidad lumínica fue baja (14 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), respecto a lo reportado por Loera-Quezada *et al.*, [9]. Estudios similares muestran que a una intensidad de 50 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ se obtiene una tasa de crecimiento de 0.98 d^{-1} empleando como sustrato MBB [9]. En este estudio la tasa de crecimiento fue menor (0.24 d^{-1}) con el MBB, contrario a esto



para los cultivos empleando EAL 10% y 20% v/v las tasas de crecimiento fueron de 0.24 d^{-1} y 0.36 d^{-1} respectivamente. Lo anterior podría deberse al proceso de adaptación, fotoperiodo e intensidad lumínica. Sin embargo, los resultados sugieren un buen desempeño aún en bajos niveles de radiación.

Se ha reportado que la intensidad lumínica es un factor importante en el crecimiento de las algas. En estudios posteriores se sugiere evaluar la tasa de crecimiento en *E. oleoabundans* empleando extracto de lombricomposta a diferentes intensidades lumínicas y corroborar si existe diferencia significativa en la tasa de producción. Así mismo se sugiere evaluar e identificar los nutrientes que *E. oleoabundans* consume durante su crecimiento con miras al desarrollo de técnicas que mejoren el rendimiento de su producción.

4. Conclusiones

El extracto líquido de lombricomposta a dos concentraciones distintas (10 % y 20% v/v) producto de la degradación de residuos cítricos, demostró en este estudio ser viable para el cultivo de *E. oleoabundans*, presentando un rendimiento semejante al MBB aun cuando la intensidad lumínica usada fue menor a lo reportado en estudios previos. La presente alternativa podría facilitar la producción de un biocombustible con un mercado mundial creciente al mismo tiempo que coadyuva en el tratamiento adecuado de residuos sólidos orgánicos municipales.

5. Referencias

- [1] Álvarez M. del C. A., Olguín C. P., Asiain A. H., Alcántar G. G. y Castillo A. M. "Biotecnificación de solares familiares de las zonas bajas tropicales". TERRA Latinoamericana. Vol. 19(001). 2001. pp. 37-46.
- [2] Capistrán F., Aranda E. y Romero J. C. Manual de Reciclaje, Compostaje y Lombricompostaje. 1ª edición 2001. Instituto de Ecología, A. C. México. 151pp.
- [3] Castañeda Briones M.T. Microbiología Aplicada. Manual de Laboratorio. 2004. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco, México 223pp.
- [4] Fimbres D., Mercado L., Murgía A. y López J. "Crecimiento y biomasa de *Dunaliella* sp. cultivada en medios limitantes en nitrógeno. BIOTecnia. Vol. 12 (3). 2010. pp 58-66.
- [5] García- Gómez R. C. Luc D. y Gutiérrez-Miceli F. A. "Vermicomposting leachate (worm tea) as liquid fertilizer for maize (*Zea mays* L.) forage production. Asian Journal of Plant Sciences. Vo1. 7 (4). 2008 pp. 360-367
- [6] Garibay Hernández A., Morales Sánchez S. D. y León Saiki G. M. Principios y aplicaciones de biotecnología microalgal. Manual de prácticas. 2012. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biotecnología. Cuernavaca, Morelos. 27pp.
- [7] Gouveia, L. & Oliveira, A. C. "Microalgae as a raw material for biofuels production". Journal Ind Microbiol Biotechnology 36. 2009. pp. 269-274.



- [8] Kushan, G. & Zengling, M. "Photosynthesis and growth of *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* (Cyanophyta) in response to solar UV radiation, with special reference to its minor variant". *Environmental and Experimental Botany*. 2008. Vol. 63. pp.123-169.
- [9] Loera-Quezada M.M., Ángeles G. y Olguín E.J. "Effect of irradiance on the cell density, size and lipid accumulation of *Neochloris oleoabundans*". *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*. 2011. Vol 2(2) pp.81-92.
- [10] Pouneva, I. D. "Effect of Humic Substances on the Growth of Microalgal Cultures". *Russian Journal of Plant Physiology*. 2005. Vol. 52. No. 3. pp 410-413.
- [11] Soto G. y Meléndez G. *Taller de abonos orgánicos*. 1ª edición. 2003. Centro de Investigaciones Agronómicas de Costa Rica. Costa Rica. 19pp.
- [12] Taboada E. L. y García S. G. 2009. "El diesel para autotransporte en México. Situación actual y prospectiva". *El Cotidiano*. 2009. Vol. 1 (157) Universidad Autónoma Metropolitana. México. pp. 65-74.
- [13] Yang Y., Xu J., Vail D. & Weathers P. "*Ettlia oleoabundans* growth and oil production on agricultural anaerobic waste effluents." *Bioresource Technology*. 2011. Vol. 102. 5076-5082.
- [14] Yanqun L., Horsman M., Wang B., Wu N. & Lan, C. Q. 2008. "Effects of nitrogen sources on cell growth and lipid accumulation of green alga *Neochloris oleoabundans*". *Applied Microbiology Biotechnology*. 2008. 81:629-636.
- [15] Wood A.M., Everroad R.C., & Wingard L.M. *Freshwater Culture Media. Algal Culturing Techniques*. 2005. Elsevier, China 565pp.
- .



Estimación del potencial energético de la biomasa residual de algodón (*Gossypium hirsutum*) en Baja California

¹Marcos A. Coronado Ortega, ¹Gisela Montero Alpírez, ^{1,3}Conrado García González, ¹Laura Pérez Pelayo, ¹Daniela Montes Núñez, ²Ana Vázquez Espinoza, ¹Héctor E. Campbell Ramírez

¹Instituto de Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California,
Calle de la Normal S/N, Col. Insurgentes Este, CP 21280, Mexicali, B.C, coronado.marcos@gmail.com

²Escuela de Ingeniería y Negocios, Guadalupe Victoria. Universidad Autónoma de Baja California.

³Instituto Tecnológico de Mexicali, Academia de Química y Bioquímica.

Resumen

Baja California en 2011, presentó una superficie cultivada de 225,138 ha. El 14.4% de dicha superficie es utilizada para el cultivo de algodón (*Gossypium Hirsutum*). El residuo principal es la vara de algodón que posee un potencial energético considerable, actualmente desaprovechado, y cuya disposición generalmente es la quema. Esta actividad se lleva a cabo, porque reduce los costos en la preparación de la tierra para el próximo ciclo agrícola y además evita la propagación de plagas y enfermedades en futuros cultivos. La utilización de la biomasa agrícola residual, ha adquirido mayor relevancia internacional como fuente de energía renovable, debido a sus ventajas ambientales, las cuales consisten principalmente en sustituir los combustibles fósiles y contribuir en la mitigación de emisiones contaminantes. Por ello, el objetivo del presente trabajo, es la estimación de la disponibilidad de biomasa residual que se genera del cultivo de algodón y su potencial energético para la generación de calor y energía eléctrica. Asimismo, se efectúa un análisis de los factores que afectarían el desarrollo de una industria de transformación de la biomasa en energía, aplicando la metodología FODA. Los resultados indican que a partir de los residuos de algodón es factible obtener 2.12 PJ, que equivalen a 59,387 m³ de diesel, y con ello abastecer una planta de potencia con capacidad de 22 MW. Tal magnitud de energía disponible, coadyuvaría a la diversificación de la matriz energética de Baja California, que depende del abastecimiento externo de combustibles puesto que no posee recursos petrolíferos propios.

Palabras Clave: *bioenergéticos, energía renovable, vara de algodón.*

1. Introducción

La biomasa es una fuente de energía renovable cuya utilización se promueve en la actualidad, a nivel internacional. Es definida como la materia orgánica proveniente de las actividades agrícolas, ganaderas y forestales, entre otras [1]. Se estima que para el año 2035 podría contribuir con cerca del 25% de la energía requerida en el mundo, y constituir así uno de los pilares de la transición energética [2]. En México, la producción de energía primaria fue de 9,250.7 PJ en 2010, con una participación de la biomasa del 3.8%, únicamente con leña y bagazo de caña, representando más de la mitad de las fuentes renovables en la matriz energética [3]. Hasta ahora, en México, el aprovechamiento energético de la biomasa, está limitado a procesos de cocción de alimentos en el medio rural y como combustible en los ingenios azucareros [4].

Ante los retos que enfrenta México en cuanto a seguridad energética, disminución de la dependencia hacia los energéticos convencionales, así como la reducción de emisiones de gases contaminantes, es necesario buscar alternativas para diversificar las fuentes de energía. Es por ello que la Secretaría de Energía (SENER), siguiendo las tendencias internacionales que postulan un



cambio en los modelos de producción y uso de la energía, además del compromiso del gobierno mexicano con la sustentabilidad de acuerdo con el Plan Nacional de Desarrollo, ha sido facultada para desarrollar la estrategia nacional de la transición energética por razones ambientales, sociales, y económicas. La transición energética implica cambios importantes, que incluyen el impulso de las fuentes de energías renovables (solar, eólica, biomasa, hidráulica) y el uso y aprovechamiento racional de la energía como principales acciones estratégicas. Por lo tanto resulta esencial, evaluar la disponibilidad de dichos recursos y su factibilidad de explotación para la producción de energía.

La obtención y aprovechamiento de la energía de la biomasa, es una oportunidad para propiciar el desarrollo sustentable principalmente en aquellos estados que cuentan con grandes superficies de tierra cultivadas y una dinámica importante en la agricultura. Tal es el caso de Baja California que presentó en 2011 una superficie cultivada de 225,138 ha, con el 14.4% de dicha superficie destinada al cultivo de algodón (*Gossypium hirsutum*). Como residuo principal se tiene la vara de algodón que posee un potencial energético considerable, actualmente desaprovechado, y cuya disposición generalmente es la quema. Esto se lleva a cabo ya que reduce los costos en la preparación de la tierra para el próximo ciclo agrícola y además evita la propagación de plagas y enfermedades en futuros cultivos. Por ello, el objetivo del presente trabajo, es la estimación de la disponibilidad de biomasa residual que se genera del cultivo de algodón y su potencial energético para la generación de calor y energía eléctrica. Asimismo se realiza un análisis de los factores que afectarían el desarrollo de una industria de transformación de la biomasa en energía, aplicando la metodología FODA.

1.1 Tecnologías de conversión biomasa – energía

El aprovechamiento de la biomasa en la generación de energía eléctrica, tiene su origen en los años 70's, como resultado de la crisis energética global. Hoy en día ante la situación que se presenta, hace necesaria la búsqueda de alternativas al petróleo y sus derivados. Una de ellas, es el uso de la biomasa residual, que cuenta con una gama de opciones probadas para su explotación. Entre las tecnologías mencionadas destacan las siguientes [5]:

- *Pirólisis*. Este proceso se lleva a cabo mediante la descomposición térmica de la biomasa en un ambiente anaerobio, sin la adición de vapor o aire para producir gases y vapores condensables. La combustión de dichos gases ocurre en una turbina de gas, usualmente de ciclo combinado.
- *Gasificación*. La biomasa es parcialmente oxidada controlando el oxígeno a partir de la adición de vapor para producir gases combustibles, que poseen un alto poder calorífico. Los gases son alimentados a una turbina de gas en una planta de potencia ciclo combinado.
- *Combustión directa*. La combustión directa, es la oxidación completa de la biomasa con exceso de aire, para producir dióxido de carbono y agua. Los gases de combustión calientes son utilizados para calentar agua de proceso y obtener vapor, el cual alimentará una turbina, típicamente de acuerdo a un Ciclo Rankine. Esta tecnología es la más antigua y sencilla, pero ineficiente. La gasificación y pirólisis presentan mayores eficiencias, pero requieren significativamente de mayor control de proceso e inversión.

Baja California a pesar de poseer un alto potencial de recursos biomásicos, no cuenta con ningún desarrollo industrial que los utilice para la producción de energía. En la actualidad, las fuentes de energía renovables explotadas para la generación de electricidad son la geotermia, localizada en el Valle de Mexicali, conocida como Cerro Prieto, con una capacidad instalada de 720 MW y el viento en el Parque Eólico ubicado en La Rumorosa, Tecate, con una capacidad de 10 MW. Es de mencionar que el sistema eléctrico de Baja California esta aislado de la red nacional e interconectado al de Estados Unidos de América.



2. Desarrollo

2.1 Estimación de la biomasa residual y potencial energético

La estimación del potencial energético de las varas de algodón, depende de la superficie cultivada de algodón, índice de generación de residuo y el poder calorífico inferior (PCI). Por ello, se consultó y analizó la información de la bases de datos de la Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable (OEIDRUS), en donde destacó una superficie cultivada de algodón para el 2011, de 32,461 ha [6], en el Valle de Mexicali, región que cuenta con toda la producción del estado de Baja California.

El PCI para las varas de algodón considerado fue de 14.79 MJ/kg [7]. En cuanto al índice de generación de residuo, se utilizó 4.42 t/ha de algodón cultivado [8].

De acuerdo a la ecuación 1, se realizó la estimación de la cantidad generada de vara de algodón:

$$C_{va} = S_a \times I_r \quad (1)$$

donde C_{va} = Cantidad de vara de algodón generada (t), S_a = Superficie de algodón cosechada (ha), I_r = Índice de residuo (t/ha).

En la determinación del potencial energético de las varas de algodón, se utilizó la ecuación 2:

$$P_e = (C_{va} \times 1000) \times PCI \quad (2)$$

donde P_e = Potencial energético (MJ) y PCI = Poder calorífico inferior (MJ/kg).

Una vez obtenido el potencial energético, se estimó la capacidad de generación eléctrica a partir de la biomasa residual. Para ello, se consideró una planta de potencia que podría operar bajo un Ciclo Rankine, con una eficiencia de conversión del 30% [9] y tiempo de operación de 11 meses. Esta planta utilizaría la combustión directa de la biomasa, por ser la tecnología que requiere de menor inversión en equipos de tratamiento físico y termoquímico de la materia a procesar en comparación con la pirólisis y gasificación. El cálculo de la capacidad de generación eléctrica se hizo en base a la ecuación 3:

$$C_{ge} = (P_e / T_{op}) \times E_c \quad (3)$$

donde C_{ge} = Capacidad de generación eléctrica (MW), T_{op} = Tiempo de operación (s), y E_c = Eficiencia de conversión.

Posteriormente se efectuó un comparativo entre las fuentes de producción de electricidad existentes en Baja California y lo que representaría la inclusión de una planta de potencia que opera con biomasa residual estimada.

2.2 Análisis FODA

Se aplicó la metodología FODA para evaluar los factores externos e internos que afectan el desarrollo de una industria para la obtención y aprovechamiento de la energía a partir de biomasa residual, como es el caso de los residuos del algodón. Las fortalezas y debilidades de una industria son características internas y son controlables, mientras que las oportunidades y amenazas son factores externos en los que la industria no tiene control directo, pero pueden reaccionar en determinando momento a su favor. La implementación del análisis FODA, permite a una industria entender sus fortalezas y explotar sus oportunidades y planificar en base a ellas, así como reconocer, atender o evitar sus debilidades y defenderse de cualquier amenaza conocida. Estos factores fueron analizados cualitativamente [10].



3. Resultados

3.1 Estimación de la biomasa residual y potencial energético

Los resultados indicaron una generación de varas de algodón de 143,478 t, con un potencial energético de 2.12 PJ, que equivalen a 59,387 m³ de diesel. A partir de este recurso biomásico, sería factible abastecer una planta de potencia con capacidad de 22 MW (2.2 veces la capacidad instalada del Parque Eólico La Rumorosa) y cubrir la demanda de electricidad de 50,684 usuarios del sector residencial de Baja California, que presenta un consumo eléctrico promedio anual de 3,489 kWh por vivienda [11]. La generación eléctrica bruta anual de la planta se calculó en 176,836.167 MWh. La Tabla 1 muestra el consumo de energéticos estimado para diferentes tipos de centrales eléctricas existentes en la región, además de la planta que operaría con biomasa, considerando como base la generación bruta previamente mencionada.

Tabla 1. Definición de las variables para el modelo

Central eléctrica	Energético	Consumo	Unidades
Geotérmica	Vapor geotérmico	1,419,734	t
Ciclo combinado	Gas natural	35,952,507	m ³
Ciclo simple	Gas natural	43,005,391	m ³
Turbogás	Diesel	99,329	m ³
Biomasa	Vara de algodón	143,478	t

Como se puede observar, la utilización de la biomasa residual en la producción de energía eléctrica, implicaría el beneficio de sustituir significativamente los combustibles convencionales.

3.2 FODA

En la Figura 1, se ilustra el análisis FODA, donde se identifican cada uno de los factores internos y externos implicados en el desarrollo de una industria de transformación de la biomasa residual en energía.

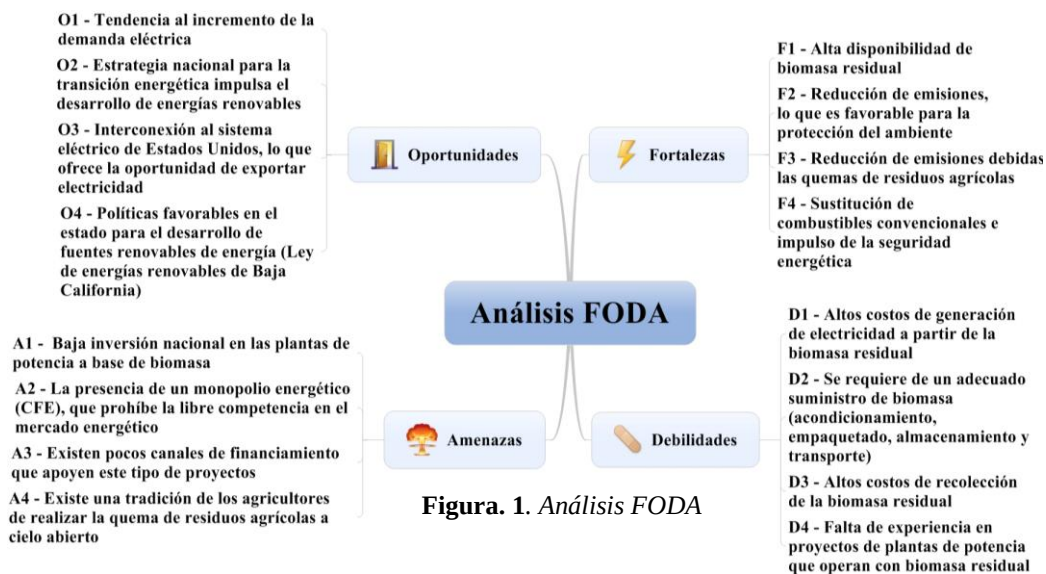


Figura. 1. Análisis FODA



En la Figura 2, se muestra una matriz donde se relacionan los factores externos e internos, y las estrategias aplicadas para explotar las fortalezas y oportunidades, asimismo atacar las debilidades y amenazas.

		Debilidades				Fortalezas			
		D1	D2	D3	D4	F1	F2	F3	F4
Amenazas	A1				E1				
	A2	E6		E6	E5				E2
	A3	E2							
	A4		E4	E4			E3	E4	E1
Oportunidades	O1					E1			
	O2				E1				E3
	O3	E2				E2			
	O4		E4					E4	

Estrategias

- E1:** Capacitación e incremento de la investigación y desarrollo en tecnologías para la utilización y conversión de la biomasa residual en energía
- E2:** Exportar electricidad generada a partir de la biomasa aprovechando el incremento de la demanda de energía eléctrica de California
- E3:** Impulsar la revalorización, utilización y aprovechamiento energético de la biomasa residual
- E4:** Buscar apoyo por parte del gobierno que fomente a los productores la recolección y acondicionamiento de los residuos agrícolas
- E5:** Proponer y fomentar políticas que impulsen una plataforma de libre competencia en el mercado energético
- E6:** Proponer incentivos y subsidios a la generación de electricidad a partir de fuentes renovables para amortiguar costos

Figura. 2. Matriz relacional-FODA

Las principales fortalezas identificadas para el uso de la biomasa residual como energético son su alta disponibilidad, el favorecimiento a la protección del ambiente como la reducción de emisiones y desarrollo sustentable, al evitar las quemas agrícolas a cielo abierto y sustituir una fracción importante de los combustibles convencionales.

En lo que corresponde a las debilidades se mencionan altos costos de generación de energía a partir de la biomasa [5], ya que esta última, tiene que ser recolectada en los campos agrícolas lo cual implican, costos de maquinaria, mano de obra, combustibles, entre otros, y además requiere de un acondicionamiento adecuado de la biomasa como la formación de briquetas o pellets, por su baja densidad para facilitar su transportación y procesamiento. Aunado a lo anterior, se deben considerar grandes espacios para su almacenamiento, asegurando las condiciones óptimas de seguridad.

Con el fin de amortiguar los costos e impulsar la generación de electricidad a partir de la biomasa residual, es esencial la participación del gobierno mediante la aplicación de incentivos y subsidios tanto a los productores como a los agricultores (proveedores de la biomasa residual) para que en lugar de que dispongan de los residuos agrícolas mediante la quema, los preparen para su reutilización en la producción de energía.

La falta de experiencia en proyectos de esta naturaleza, puede ocasionar que los costos proyectados de inversión sean más propensos a ser rebasados, por lo que es necesaria la capacitación e incremento de investigación y desarrollo en tecnologías para la utilización de la biomasa en la producción de energía. Dentro de las amenazas principales para el desarrollo de esta industria, es la presencia de un monopolio que inhibe la libre competencia en el mercado energético. Es por ello que estratégicamente se tienen que proponer políticas que impulsen la posibilidad de comercializar y distribuir energía al sector público o privado en un ambiente competitivo. En caso de no ser posible al corto plazo, es posible aprovechar la interconexión eléctrica entre Baja California y California, con la posibilidad de exportar energía hacia dicho estado, ya que su objetivo para el año 2020 es suministrar el 33% de su electricidad a partir de fuentes renovables, aun cuando esta sea importada. La situación coyuntural actual en materia energética, ambiental, social y económica está dando lugar a una serie de oportunidades para que las energías renovables incrementen su participación en la matriz energética, a través de proveer un marco regulatorio que lo fomente, como son las leyes de: aprovechamiento de energías renovables y el financiamiento de la transición energética, promoción y desarrollo de bioenergéticos y energías renovables de Baja California. Esto



resulta benéfico para una región como Baja California, que depende del abastecimiento externo de combustibles puesto que no posee recursos petrolíferos propios.

4. Conclusiones

La biomasa residual, en este caso, las varas de algodón representan un potencial energético importante, que en la actualidad no es aprovechado en Baja California. La revalorización y reutilización de estos recursos en la producción de energía, implica ventajas importantes para sustituir a los combustibles fósiles y reducir las emisiones de gases contaminantes. Para romper el status quo en cuanto a la obtención y el aprovechamiento energético de la biomasa en la generación de calor y/o electricidad, es necesaria una plataforma ideal para la promoción de proyectos de esta naturaleza, que incluya un marco regulatorio que permita la libre competencia en el mercado energético eliminando las barreras existentes en cuanto a comercialización y distribución. Por lo que es necesario que el sector gubernamental, productivo y educativo formen una sinergia para promover e impulsar la participación de las energías renovables encaminados hacia una transición energética basada en la sustentabilidad.

Se recomienda realizar evaluaciones técnico-económicas, con el objetivo de determinar la factibilidad del aprovechamiento energético de la biomasa residual del cultivo de algodón.

Agradecimientos

Los autores agradecen a CONACYT y al Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California, por su apoyo en la realización de este trabajo.

Referencias Bibliográficas

- [1] SENER. Secretaría de Energía. Ley de promoción y desarrollo de los bioenergéticos. 2008 (02 de mayo de 2012). <http://www.sener.gob.mx>.
- [2] REMBIO. Red Mexicana de Bioenergía. “La bioenergía en México: situación actual y perspectivas. 2011. pp. 11.
- [3] SENER. Secretaría de Energía. “Balance nacional de energía”.2010. pp. 25.
- [4] Enríquez Poy, M. “Prospectiva de la cogeneración de la agroindustria de la caña de azúcar en México”. 2009. Presentación en: VI Reunión Nacional Red Mexicana de Bioenergía y Simposio Internacional de Proyectos Bioenergéticos, México.
- [5] Evans A., Strezov V., Evan T. “Sustainability considerations for electricity generation from biomass”. *Renewable and sustainable energy reviews*. Vol.14 (5). 2010. pp. 1420.
- [6] OEIDRUS. Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable. Portal OEIDRUS Baja California. 2012 (07 de mayo de 2012). http://www.oeidrus-bc.gob.mx/oeidrus_bca/.
- [7] Domański E., Milne T. Thermodynamic data for biomass conversion and waste incineration.1986 (05 de mayo de 2012). <http://www.nrel.gov/biomass/pdfs/2839.pdf>.
- [8] Gemtos T., Tsiricoglou T. “Harvesting of cotton residue for energy production”. *Biomass and bioenergy*. Vol. 16 (1). 1999. pp. 52.
- [9] IEA. International Energy Agency. Biomass for Power Generation and CHP, 2007 (03 de mayo de 2012). <http://www.iea.org/techno/essentials.htm>

[10] Zhao Z., Yan H. “Assessment of the biomass power generation industry in China”. *Renewable energy*. Vol. 37 (1). 2012. pp. 54.

[11] INEGI. “Anuario estadístico de Baja California”. 2011 (31 de mayo de 2012). <http://www.inegi.org.mx/sistemas/productos>.



Producción de biodiesel a partir de grasa láctea residual proveniente de LICONSA por irradiación de microondas

¹Versaín Martín Huerta Luna, ²Fernando Salas Rodríguez, ²Iván Xochitiotzi García, ²Guadalupe Martínez, ²Brian Manuel González Contreras, ¹José Antonio Guevara García

¹Laboratorio de Investigación en Bioinorgánica y Biotecnología (LIByB). Fac. de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología. 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.

Resumen

El biodiesel se obtiene mediante transesterificación de aceites y grasas que provienen principalmente de granos y semillas. El reto actual es utilizar fuentes de aceites y grasas naturales que no interfieran con la producción de alimentos o requieran de grandes extensiones de terreno para cultivo de plantas. El objetivo de este trabajo es el desarrollo de un prototipo automatizado en base a radiación de microondas para la obtención de biodiesel en flujo continuo a partir de una grasa láctea residual. Se utilizó grasa residual de la planta de LICONSA en el estado de Tlaxcala. Se caracterizaron las propiedades fisicoquímicas de índices de acidez, iodo, y saponificación. Posteriormente se los ácidos grasos libres por reacción en reflujo en medio con H_2SO_4 . Se sustituyó el ácido con catalizador Amberlita IR 124 para realizar la reacción de esterificación primero en reflujo, y luego con radiación de microondas. Los productos de esterificación se caracterizaron por espectroscopía de IR y Masas. Una vez comprobada la presencia del éster de los ácidos grasos se obtuvo el biodiesel por el método convencional utilizando una mezcla de hidróxido de sodio en etanol anhidro a reflujo. La determinación de la calidad de biodiesel obtenido se hizo de acuerdo a las normas internacionales. Actualmente se trabaja para llevar a cabo la producción de biodiesel en flujo continuo, con radiación de microondas, de fase heterogénea utilizando catalizadores y en la automatización y control del proceso a través de instrumentación con interface hombre-máquina.

Palabras Clave: Biodiesel, grasas lácteas, microondas, automatización y control.

1. Introducción.

Se estima que en México la producción de leche fue de 10.8 millones de Litros y de queso fue de 145 mil toneladas en 2009 [1]. Aproximadamente 90% del total de la leche utilizada en la industria quesera es eliminada como lacto-suero, el que retiene cerca del 55% del total de sólidos de la leche, entre ellos las grasas [2].

La leche cruda de vaca refrigerada se estandariza para producir la leche que se ofrece en cantidades industriales en el mercado, además de los productos lácteos tales como mantequilla, crema, queso, yogur, helados y otros. Enormes cantidades de agua se utilizan para la limpieza, esterilización y lavado de equipos, durante este proceso, la mantequilla y la grasa residual que se lavan se recogen en trampas de grasa antes de llegar a la planta de tratamiento de efluentes. Esta escoria es una masa flotante de sólidos de menor densidad formado por lo general por una mezcla de grasas, lípidos,



proteínas, materiales de embalaje, etc. Una granja lechera grande, que procesa 5 litros/min de leche por día, produce alrededor de 200-350 kg de escoria por día, de la cual es difícil deshacerse [3].

La mayoría de las industrias lácteas desechan esta escoria en el sitio de disposición de desechos sólidos o por incineración. Esto es un derroche económico y genera contaminantes. Otras factorías re-suspenden esta escoria en el efluente, lo cual origina dificultades operativas para el tratamiento de los efluentes en la planta de tratamiento.

Las cantidades de grasas de origen lácteo que actualmente se desechan en los ríos causan un grave problema de contaminación, pero es factible su recuperación en proporciones tales que pueden contemplarse como rentables para la obtención de biodiesel. Por otro lado, el proceso de fabricación convencional de biodiesel consume gran cantidad de energía pues dura entre 4 y 8 horas, mientras que la utilización de la radiación de microondas reduce el tiempo de reacción de horas a minutos [4]. El objetivo de este trabajo es el desarrollo de un prototipo automatizado en base a radiación de microondas para la obtención de biodiesel en flujo continuo a partir de una grasa láctea residual y la automatización y control del proceso a través de instrumentación con interface hombre-máquina.

2. Desarrollo.

2.1 Materiales y método. La grasa residual se recogió de la zona de escoria de la trampa de grasa de la tubería de tratamiento de efluentes en un estado fresco y procesado inmediatamente para evitar un aumento en ácido graso libre adicional por acción biológica. Esta escoria es turbia de color blanco y semi-sólida en textura. Una cantidad conocida de escoria se calentó a la temperatura de 50 a 60 °C para fundirla y pasarla al estado líquido y se dejó sedimentar durante unos minutos para separar la fase inferior acuosa. La capa superior de aceite se separa, se centrifuga para eliminar los sólidos suspendidos no deseados, tales como partículas y otros desechos sólidos. Se calentó a la temperatura de 110 °C hasta que el aceite se hace sustancialmente anhidro para la esterificación [3].

La grasa se caracterizó en sus propiedades fisicoquímicas de índices de acidez, iodo, y saponificación. Se determinó la humedad en la grasa por el método Karl-Fisher. Se determinó el índice de Iodo de Hanus con el método 26.020-26.021 de la AOAC. Se determinó el índice de saponificación con el método oficial de la AOCS.

Como catalizador de esterificación de los ácidos grasos libres se utilizó Amberlita IR 124 [5]. Las reacciones de esterificación y de transesterificación se llevaron a cabo por el método tradicional de reflujo en matraz agitado y con radiación de microondas. Para esto último, se utilizó un horno de microondas casero Marca Panasonic, modificado con un acceso superior para colocar un condensador y entradas laterales donde se colocó un tubo en “U” para recirculación de agua para el control de temperatura (Figura 1).

El análisis de IR se realizó con un equipo FT-IR (3600-400) marca Nicolet, modelo Magna 750 del Departamento de Materiales del Instituto Tecnológico Superior de Tlaxco, Tlaxcala. La espectrometría de Masas fue realizada en un JEOL MStation JMS-700 mass spectrometer, en modo normal, del Laboratorio de Espectrometría de Masas de la BUAP. La determinación de humedad se realizó en un equipo Karl-Fisher Marca Schott Instruments Modelo Titroline KF. El índice de refracción con un Refractómetro Marca ATAGO NAR-3T. La rancidez hidrolítica se determinó por el método de espectrofotometría, utilizando un equipo UV-VIS Marca Milton Roy Modelo Spectronic 21D.



2.2 Proceso de esterificación. Se trabajaron los ácidos grasos libres presentes en el aceite por reacción en reflujo en proporción 1:20 (aceite:etanol) en medio con H_2SO_4 al 10% en peso. Se substituyó el ácido con catalizador Amberlita IR 124 para realizar la reacción de esterificación en reflujo, para luego llevar a cabo esta misma reacción en el horno de microondas. Para ello se utilizó como columna un refrigerante tipo rosario cargado con el catalizador en su interior, utilizando la chaqueta de agua para evitar la evaporación del solvente.

La introducción de la mezcla aceite/etanol a la columna se realizó por medio de una bomba peristáltica desde un depósito en circuito cerrado. A la salida de la columna se determinó la temperatura de la mezcla y el potencial (mV). Estos parámetros se utilizaron para el control automatizado de la reacción. Los productos de esterificación se caracterizaron por espectroscopia de IR (Figura 3) y masas.

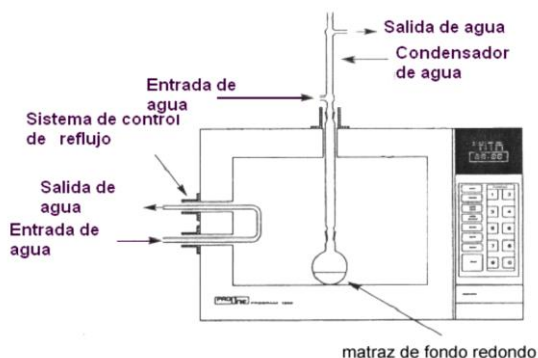


Figura 1. Esquema del equipo de microondas utilizado en las reacciones de esterificación y transesterificación.

2.3 Proceso de transesterificación. Una vez comprobada la presencia del éster de los ácidos grasos se obtuvo el biodiesel por el método convencional utilizando una mezcla de hidróxido de sodio en etanol anhidro a reflujo. La determinación de la calidad de biodiesel obtenido se hizo de acuerdo a las normas internacionales (Tabla 1). La reacción en el horno de microondas se realizó con un matraz de fondo redondo de tres bocas, utilizando la bomba peristáltica para la introducción de la mezcla y en la salida se determinó el potencial para establecer el final de la reacción.

2.4 Separación, lavado y secado del producto. Una vez completada la reacción, el producto se transfiere a un embudo de separación por cierto intervalo de tiempo (aproximadamente 12 h) para la separación de fases. El lavado es un proceso para eliminar el glicerol arrastrado, catalizador, jabones y etanol en exceso. El agua se acidifica con una cantidad de ácido acético seguido por el lavado con agua destilada hasta que la capa inferior tuvo un pH similar al pH del agua destilada lo que indica el biodiesel está libre de catalizador. El secado ayuda a eliminar el agua dispersa y disuelta en el biodiesel que causan una combustión deficiente y producción de humo en el motor. El secado se realizó en un horno de aire caliente a $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta que el contenido de agua disminuye por debajo de 0.05% según la norma ASTM. El proceso de secado también elimina las trazas de etanol.

3. Automatización y control. Varias publicaciones sobre la síntesis de biodiesel por microondas por lotes o en reactor continuo han abordado el reto del control y la automatización del proceso [6]. El control implica el monitoreo y la variación de la potencia del reactor en tiempo real debido a que



los procesos dentro del horno de microondas son no lineales y hay muchos parámetros que afectan la temperatura, al igual que la transferencia de calor en la cavidad de microondas, los cambios de viscosidad del aceite producen cambios en el caudal, la uniformidad de la concentración de los reactivos, la temperatura del reactivo, el poder y potencia reflejada en la cavidad de microondas, la temperatura del refrigerante y la temperatura ambiente. Esto es debido a los cambios de las propiedades dieléctricas de las sustancias químicas durante el proceso de calentamiento.

El reactor de microondas tiene dos etapas para la conversión de aceite residual usado en biodiesel, es decir, las reacciones de transesterificación y de des-acidificación. En ambos, el aceite viscoso se bombea mezclado con etanol en alimentación continua para el reactor de microondas. Dentro de este, durante la transferencia de calor del microondas, la energía se concentra en el etanol polar dentro de la emulsión etanol/aceite, por lo que es imperante impedir el desprendimiento del etanol por medio de un refrigerante pero también a través de mantener una temperatura adecuada.

En un primer intento por controlar el proceso, se realizó un circuito y una programación que permitieran la supervisión del proceso descrito previamente. Para ello se desarrolló una interfaz que permite comunicar el equipo de medición Orion 720 Plus Benchtop pH/ ISE Meter, el cual permite censar y procesar valores de temperatura y potencial de la reacción química en tiempo real, mediante la comunicación stand-alone a través de un microcontrolador, y optativamente con una computadora a través de una conexión USB.

El protocolo de comunicación usado es de nivel RS232 que permite envío (TXD) y recepción (RXD) de datos hacia un microcontrolador para envío hacia computadora personal o bien para procesarla localmente. Para el módulo hardware stand-alone se tiene un montaje funcional (prototipo) mostrado en la Figura 2, donde el microcontrolador recibe la información proveniente del equipo de medición para procesamiento. La interfaz obtenida para la conexión a una computadora personal se realizó a través del lenguaje de programación Java.



Figura 2. Izquierda: Descripción de funciones de comunicación. Derecha: Prototipo del equipo stand alone.

4. Resultados y discusión.

Como se puede apreciar en la Tabla 1, las propiedades del aceite residual son apropiadas para su utilización como materia prima para la fabricación de biodiesel. El punto de fusión de la grasa sólida es bajo, 31° C, la rancidez es muy baja, y los índices de saponificación y de acidez son bajos. Sin embargo, un posible punto en contra es que tiene un alto índice de Iodo, lo que nos habla de la presencia de ácidos grasos insaturados. En cuanto a las propiedades del biodiesel obtenido, estas

están dentro de del estándar 6751 de la ASTM [7]. La viscosidad es adecuada para poder bombear y atomizar el combustible, el punto de ignición es más grande que del diesel de petróleo, la densidad es baja, y el índice de cetano es alto. Sin embargo, los parámetros de cloud y pour points hacen a este producto poco conveniente para climas fríos.

Tabla. Resultados de las determinaciones fisicoquímicas en el aceite de partida y las propiedades del biodiesel obtenido

Aceite residual		Biodiesel	
Punto de fusión, grasa sólida (°C)	31	Punto de ignición (°C)	157
Humedad (mg agua/mL grasa sólida)	4.508	Viscosidad (mm ² /s)	3.75
Índice de refracción	1.469	Cloud point (°C)	5
Densidad (g/mL)	0.959	Densidad	0.879
Índice de iodo de Hanus (eq/g)	76.668	Pour point (°C)	2
Índice de saponificación (AOCS) (mg de KOH/g de muestra)	188	Índice de saponificación (AOCS) (mg de KOH/g de muestra)	0.3
Índice de acidez (% de ácidos libres)	1.267	Número de cetano	60
Rancidez hidrolítica (mol/L)	0.0003		

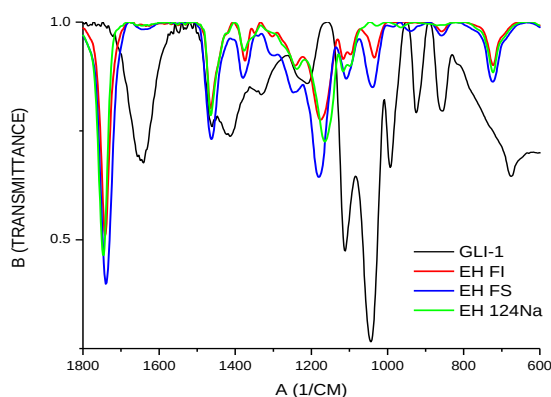


Figura 3. Espectros de IR de la materia prima (GLI-1) y de los productos de reacción: reflujo convencional (EH FI); en microondas con H₂SO₄ al 10% (EH FS); y, con catalizador Amberlita IR 124 en microondas. La señal debajo de 1800 cm⁻¹ es indicativa de la formación del éster.

En cuanto al uso de radiación de microondas, los resultados también son alentadores ya que las reacciones se llevaron a cabo satisfactoriamente (Figura 3), y en tiempos que van de 10 a 15 minutos, en comparación a las 3-4 horas que tomaron las reacciones convencionales en reflujo.



Nuestro grupo de investigación continúa trabajando para llevar a cabo la producción de biodiesel en flujo continuo, con radiación de microondas, la fase se logró utilizando catalizadores y en la automatización y control del proceso a través de instrumentación con interface hombre-máquina.

5. Conclusiones

Todas las industrias dedicadas a la restitución y pasteurización de leche producen como residuo grasa de alto peso molecular que se desecha en el efluente. Otra fuente de este tipo de grasa es la contenida en el suero de leche residual resultante de la fabricación de quesos. Por lo tanto, la cantidad de grasa de origen lácteo que puede contemplarse como utilizable para la obtención de biodiesel justifica la investigación y el desarrollo de un proceso de obtención de este carburante a partir de grasa de origen lácteo. Las propiedades de esta grasa como materia prima para la fabricación de biodiesel son adecuadas siempre y cuando se recolecte en las condiciones necesarias para su adecuada conservación. Mientras que el biodiesel producido se encuentra dentro de la normatividad internacional. Por otra parte, la economía de producción del biodiesel a partir de la grasa láctea residual se ve favorecido por el costo nulo de la materia prima y puede ser aún más atractivo si se utilizan metodologías que abatan los tiempos de reacción, como es el caso de la radiación de microondas.

6. Agradecimientos

Los autores agradecen las facilidades otorgadas por la gerencia y sub-gerencia de la planta industrial de LICONSA-Tlaxcala, así como al Ing. Gabriel B. Cortez Cuamatzi por la recolección de la grasa residual con la que se llevó a cabo este trabajo.

Referencias Bibliográficas

- [1] SAGARPA (2009). Escenario base del sector agropecuario en México, proyecciones 2009 – 2018.
- [2] Panesar, P., Kennedy, J., Gandhi, D., Bunko, K. Bioutilisation of whey for lactic acid production. *Food Chemistry*. Vol. 105. 2007, pp. 1-14.
- [3] Sivakumar, P., Anbarasu, K., Renganathan, S. Bio-diesel production by alkali catalyzed transesterification of dairy waste scum. *Fuel*. Vol. 90. 2011, pp. 147–151.
- [4] Ming-Chien, H., Chin-Chiuan, L., Yung-Hung, C. Microwave irradiation-assisted transesterification of soybean oil to biodiesel catalyzed by nanopowder calcium oxide. *Fuel*. Vol. 90. 2011, pp 1963–1967.
- [5] Mazo, P., Galeano, L., Restrepo, G., Ríos, L. Esterificación de los ácidos grasos libres (FFA) del aceite crudo de palma: Calentamiento convencional vs microondas. *Scientia et Technica*. Año XIII, No 35, Agosto de 2007. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701.
- [6] Wali, W.A., Al-Shamma'a, A.I., Hassan, K.H., Cullen, J.D. Online genetic-ANFIS temperature control for advanced microwave biodiesel reactor. *J. Process Control*. (2012), <http://dx.doi.org/10.1016/j.jprocont.2012.05.013>
- [7] American and European Biodiesel Quality Standards ASTM D-6751. 2012 (fecha de consulta: 01 de Julio de 2012).



Caracterización de extracto acuoso de lombricomposta derivada de un sustrato cítrico

Eduardo, Hernández-Hernández, Florencia, Chena-Becerra, Leila Jihan, García-López, Lizbeth, Estrada-Vargas y Néstor, Martínez-Galván.

Laboratorio de Ficología, Facultad de Biología. Universidad Veracruzana, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n Zona Universitaria C.P. 91090, Tel. (228) 8421748 Correo: zs09009063@malum1.uv.mx

Resumen

El lombricompostaje es uno de los procesos más eficientes en el tratamiento de los residuos sólidos de origen orgánico, sus propiedades derivan principalmente del sustrato utilizado para su producción y puede tener aplicación en la horticultura orgánica de carácter urbano. El presente estudio buscó analizar las propiedades químicas del extracto acuoso derivado del lombricompostaje de residuos de naranja, el cual ha sido mantenido por un periodo de tres años en una producción urbana de traspatio empleando a *Eisenia foetida* como especie descomponedora. Los análisis obtenidos se compararon con extractos de la misma naturaleza derivados de lombricompostas producidas a partir de diferentes tipos de sustratos. Los resultados indican una menor concentración de nutrientes disueltos en extractos acuosos al ser comparados con lixiviados de lombricompostas producidos a partir de excremento vacuno. Así mismo, el pH presentado fue alcalino (8.4), contrario a la acidez esperada. No obstante, el estudio sugiere la viabilidad de este proceso de lombricompostaje, la extracción acuosa como medio para la obtención de nutrientes naturales y su posible uso como mejorador del rendimiento en horticultura orgánica urbana de carácter orgánico.

Palabras Clave: Agricultura urbana, *Eisenia foetida*, horticultura orgánica, producción de traspatio, residuos orgánicos.

1. Introducción

Existe una marcada problemática en el ámbito del exceso de residuos en las muchas y muy distintas zonas del país [16], problemática que no sólo afecta los ecosistemas naturales sino también a las poblaciones humanas al contaminar la atmósfera con químicos y/o agentes biológicos [10,12].

Ante ello, surge la alternativa de la separación de residuos y el tratamiento de la fracción orgánica, que representa aproximadamente 50% del total de residuos producidos en México [16,11].

Para este trabajo, el lombricompostaje ha mostrado ser eficiente en relación al tiempo requerido, el esfuerzo empleado por el lombricultor y la carga microbiológica que resulta al finalizar el proceso [4]. Estos residuos caseros usualmente son de carácter heterogéneo y contienen una gamma muy diversa de frutas y verduras; sin embargo, poco se ha trabajado sobre el lombricompostaje de residuos orgánicos de carácter cítrico de fácil obtención en urbanidades.

Existen micro, pequeñas e incluso medianas empresas, que comercializan jugos de naranja y toronja en grandes cantidades. Por lo que generan también una gran cantidad de residuos orgánicos [9] que pueden ser aprovechados al darles un tratamiento adecuado como el antes mencionado. Sin embargo, poco conocimiento se tiene sobre los nutrientes presentes en lombricompostas de cítricos y extractos acuosos obtenidos de ellas.



Lo anterior abre un nuevo panorama para el desarrollo de la agricultura urbana de carácter orgánico que traería múltiples beneficios: reactivación de la economía local [1], aumento de seguridad alimenticia, mejora de calidad de vida [17], contribución al sustento diario [5], manejo de residuos [4], uso sustentable de recursos [9].

No obstante, para el desarrollo y mayor eficiencia de las anteriores perspectivas se requiere el desarrollo de conocimiento más profundo, por lo cual, en el presente trabajo se buscó caracterizar el contenido nutritivo de un extracto acuoso de lombricomposta de traspatio ubicada en el municipio de Xalapa, Veracruz, la cual da tratamiento a residuos orgánicos de carácter urbano con un contenido de 80% de cáscaras de naranja provenientes de negocios urbanos.

2. Desarrollo

Con la intención de identificar las propiedades inherentes del extracto acuoso producido por los operadores de la granja, no se alteró de ninguna forma el método de obtención del extracto.

Se tomó como base la lombricomposta mantenida durante 3 años a traspatio. La especie utilizada fue *Eisenia foetida* (lombriz Roja Californiana). Para su manutención se utilizó materia orgánica compuesta por 80% de cáscaras de naranja previamente precompostadas y 20% de residuos caseros principalmente de origen vegetal, evitando el uso de alimentos cocinados.

Se llevó a cabo un proceso de precompostaje que consistió en el fraccionamiento de las cáscaras en cuatro partes o tres según su tamaño y mezclada con hojarasca seca de *Quercus* sp. de la zona en una proporción 5:1. Se dejó reposar durante 15 días antes de ser llevado a las camas de lombricompostaje.

Las camas de lombricompostaje no contaban con sistemas de recolección de lixiviado y se encontraban directamente sobre suelo. Para su construcción se usaron materiales de reúso (cajas de madera provenientes de mercados locales). Cada cama midió aproximadamente 1m². Así mismo, no se contaba con una cubierta para las distintas camas de lombricompostaje.

Para la preparación del extracto acuoso se tomó 1 Kg de lombricomposta previamente homogenizada, tras un almacenamiento de dos semanas, y se agregaron 5 L de agua purificada. Esta preparación se dejó durante 48 h agitándolo cada 8 h para favorecer la resuspensión de sólidos y disolución de nutrientes.

Finalizado este proceso se separó el líquido (extracto) por filtración a través de manta cruda y fue embotellado en plástico según el procedimiento común. Se obtuvieron 3.5 L de lombricomposta líquida que fueron llevados al Laboratorio de Ficología de la Universidad Veracruzana para ser, posteriormente, filtrado por papel de Whatman No. 1 y esterilizado en autoclave por 15 min a 120°C y 0.94 Kg cm⁻².

Este extracto fue analizado por el Instituto de Ecología A. C. (INECOL) para la determinación de nitrógeno amoniacal, nitratos, fosfatos, potasio, magnesio y calcio. Así mismo fue medido el pH y la conductividad eléctrica presente.

3. Resultados y discusión

El pH presentado por el extracto acuoso de lombricomposta fue de 8.4, ligeramente alcalino lo cual, según Capistrán *et al.*, [4] podría ser dañino para la vida de las lombrices, excediendo ligeramente los límites de alcalinidad (8.0). No obstante no se observaron efectos negativos en la salud de las lombrices, siendo indicadores morfológicos el abultamiento en zona clitelar, coloración rosada o blanca y disminución generalizada de actividad [13].



Tabla 1. Comparación del contenido de nutrientes en distintas soluciones: lixiviados y extractos acuosos (té) de lombricompostas (LC) derivadas de tres diferentes sustratos.

	Té de LC cítricos (presente estudio)	Té de LC gallinaza [14]	Lixiviado de LC excremento vacuno [6]	Lixiviado de LC excremento vacuno [7]
Ca (mg L-1)	9.08	114.6	58±9.2	84±13
Mg (mg L-1)	7.83	50.2	834±71.1	59±9
N-NH4 (mg L-1)	2.17	1.9	0.00	0.00
N-NO3 (mg L-1)	18.7	96.7	247.0±43.2	247±43
P-PO4 (mg L-1)	3.2	3.5	168.0±11.4	168±11
pH	8.41	7.6-7.9	7.8±0.1	7.8±0.1

Pant *et al.*, [14] reportan un extracto acuoso de lombricomposta derivado de gallinaza con características semejantes, no obstante éste presentó un pH máximo de 7.9, el cual se ubica en los límites aceptables para la manutención de camas. Este extracto superó al obtenido a partir de cítricos en cantidad de calcio, magnesio, nitratos y fosfatos, véase Tabla 1.

La conductividad eléctrica del extracto obtenido presentó un valor bajo, 1.08 mS cm⁻¹, indicando niveles también bajos de salinidad en relación con el extracto acuoso de lombricomposta derivado de excretas de gallinas valor ubicado en 340mS cm⁻¹ [14]. Sin embargo, García-Gómez *et al.*, [6] reportan que la recuperación de lixiviado de lombricomposta, producida a partir de excretas vacunas, presenta niveles aún menores de conductividad eléctrica (2.6 dS m⁻¹) y una riqueza considerable en lo que respecta a Mg, Ca, NO₃ y PO₄, considerándolo así un lixiviado rico en nutrientes.

Por otro lado, Capistrán *et al.*, [4] mencionan que la estructura de la lombricomposta (organizada en turrículos) evita la pérdida de nutrientes por erosión, lavado o lixiviado. Posteriores estudios deberán comprobar si los altos niveles de nutrientes en lixiviado de excremento vacuno provienen de un proceso adecuado de lombricompostaje o de un escurrimiento directo del sustrato en crudo que, ha comprobado, contener altos niveles de nitrógeno y otros macronutrientes [3].

Es relevante mencionar que el extracto acuoso de lombricomposta cítrica presenta niveles semejantes, aunque inferiores, a aquellos reportados por Pant *et al.*, [14] obtenido de Waikiki Worm Company, de quienes se desconoce si existe o no una recuperación de lixiviado o si se presenta una membrana para evitar escurrimientos, lo cual podría ser razón de la menor abundancia de nutrientes en extractos acuosos. Así mismo, la principal propiedad de la lombricomposta antes mencionada, la estructuración basada en turrículos, podría hacer posible la reutilización del sustrato nutritivo para la preparación de más extractos acuosos.



Reportes ubican el uso de lixiviados y extractos en distintas especies vegetales de uso hortícola como *Lycopersicon esculentum*, *Brassica rapa*, *Zea mays*, entre otras [2,6,14,15]. No obstante, debido a las diferentes características (primordialmente el pH) identificadas en este estudio, es posible que los beneficios esperados del extracto: resistencia a plagas, mayor rendimiento, mayor asimilación de nutrientes, neutralización de contaminantes químicos [8], resistencia a enfermedades (todo esto sin peligro de sobredosis) pueda variar según el sustrato utilizado y el método de preparación.

Según se ha referido por los lombricultores y horticultores de la granja, el extracto líquido ha mejorado el rendimiento de sus matas de tomate (*Solanum lycopersicum*) y chile jalapeño (*Capsicum annum*) al hacer más resistentes a plagas y condiciones climáticas externas [9]. Más estudios son requeridos que comprueben el efecto de la aplicación foliar de este tipo de sustrato en plantas bajo condiciones controladas de laboratorio.

La difusión de este tipo de iniciativas locales puede, como mencionan Capistrán et al., [4], contribuir considerablemente al aprovechamiento y reciclaje productivo de estos desechos orgánicos para una sabia y sostenible utilización del suelo, en armonía con la naturaleza.

4. Conclusiones

El lombricompostaje de cáscaras de cítricos es una alternativa viable que no sólo disminuye la cantidad de residuos orgánicos en la urbanidad, sino que también abre en la posibilidad de ofrecer sustratos nutritivos para la horticultura casera a través del procesamiento in situ.

El presente trabajo es de carácter exploratorio, se sugiere mantener un monitoreo de la variación de nutrientes y comunidades microbianas en el proceso de lombricompostaje a lo largo de un año, esto debido a que las condiciones climáticas podrían alterar la concentración de sólidos y nutrimentos en el producto final. Así mismo, se recomiendan estudios posteriores que comprueben la viabilidad de este sustrato en su aplicación a plantas vasculares.

Agradecimientos

A los lombricultores y horticultores que facilitaron tanto la lombricomposta como el extracto acuoso de la misma para la serie de pruebas realizadas. A todos los compañeros, amigos, maestros y técnicos cuyo trabajo, tiempo y dedicación hicieron este proyecto posible no sólo al apoyarnos con análisis y equipo de laboratorio sino con sus consejos y orientación invaluable. Y a la Universidad Veracruzana al facilitarnos instalaciones y soportar nuestro proyecto por completo.

6. Referencias Bibliográficas

- [1] Anzizu, J. M. *Dirigir empresas sostenibles. Lo que está y no está en los libros*. 1ª edición. 2008. Ediciones Gestión 2000. España. 154 pp.
- [2] Arteaga, M., Garcés, N., Novo, R., Guridi, F., Pino, J. A., Acosta, M., Pasos, M. y Besú, D. "Influencia de la aplicación foliar del bioestimulante Liplant sobre algunos indicadores biológicos del suelo". *Rev. Protección vegetal*. Vol. 22. No. 2. 2007. Pp. 110-117.
- [3] Baldi, E., Toselli, M. & Marangoni B. "Nutrient partitioning in potted peach (*Prunus persica* L.) trees supplied with mineral and organic fertilizers". *Journal of Plant Nutrition*. Vol. 33. 2010. Italia. Pp. 2050-2061.



- [4] Capistrán, F.; Aranda, E. y Romero, J. C. *Manual de reciclaje, compostaje y lombricompostaje*. 1ª edición. 2001. Instituto de Ecología A. C. Xalapa, Ver. 151 pp.
- [5] De Bon, H., Parrot, L. & Moustier, P. "Sustainable urban in developing countries. A review". *Agronomy for Sustainable Development*. Vol. 30. 2010. Pp. 21-32.
- [6] García-Gómez, R. C., Luc, D. & Gutiérrez-Miceli, F. A. "Vermicomposting Leachate (Worm Tea) as Liquid Fertilizer for Maize (*Zea mays* L.) Forage Production". *Asian Journal of Plant Sciences*. Vol. 7 (4). 2008. Pp. 360-367.
- [7] Gutiérrez-Miceli, F. A., García-Gómez, R. C., Rincón, R., Abud-Archila, M., Olivia, M. A., Guillen, M. J. & Dendooven, L. "Formulation of a Liquid fertilizer for sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) using vermicompost leachate". *Bioresource Technology* 99. Vol. 19. 2008. Pp 6174-6180.
- [8] Hernández Hernández, C. A. *Actividad enzimática en suelo relacionada al cultivo de Cedrela odorata (L.)*. Universidad Veracruzana. 2011. México. 27pp.
- [9] Hernández-Hernández, E. 28 de junio de 2012. *Comunicación personal*.
- [10] Malecka-Adamowicz, M., Kaczanowska, J. & Donderski, W. "The Impact of a Landfill Site in Żółwin – Wypaleniska on the Microbiological Quality of the Air". *Polish Journal of Environment*. Vol. 16, No. 1. 2007. Pp.101-107.
- [11] Meneses-Gutiérrez, L. *Propuestas de Manejo de Residuos Sólidos para comunidades del municipio de Cosamaloapan, Veracruz; durante la gestión 2005-2007*. Universidad Veracruzana. 2009. Xalapa, Ver. 83pp.
- [12] Lis, D. O., Ulfig, K., Wlazlo, A. & Pastuszka, J. S. "Microbial Air Quality in Offices at Municipal Landfills". *Journal of Occupation and Environmental Hygiene*. Vol 1. 2004. Pp. 62-68.
- [13] Lombhus. *Manual General de Lombricultura*. Lombhus. México. 25pp.
- [14] Pant, A., Radovich, T. J. K., Hue, N. V. & Arancon, N. Q. "Effects of Vermicompost Tea (Aqueous Extract) on Pak Choi Yield, Quality, and on Soil Biological Properties". *Compost Science & Utilization*. Vol. 19. No. 4. 2011. 279-292pp.
- [15] Olivia-Llave, M. A., Rodríguez-Hernández, L., Mendoza-Nazar, P., Ruiz-Sesma, B., Álvarez-Solís, J. D., Dendooven, L. y Gutiérrez-Miceli, F. A. "Optimization of worm-bed leachate for culturing of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) inoculated with *Glomus fasciculatum* and *Pseudomonas fluorescens*". *Electronic Journal of Biotechnology*. Vol. 13. No. 2. 2010. Pp.1-8.
- [16] SEMARNAT. *¿Y el medio ambiente? Problemas en México y el mundo*. 2007. SEMARNAT. México. 201pp.
- [17] Thornton, A., Nel, E. & Hampwaye, G. "Cultivating Kaunda's plan for self-sufficiency: Is urban agriculture finally beginning to receive support in Zambia?". *Development Southern Africa*. Vol. 27, No. 4. 2010. 613-625pp.



Biomasa residual, opción energética para Baja California

¹Gisela Montero Alpírez, ¹Margarita Stoytcheva Stilianova, ¹Héctor Campbell Ramírez, ¹Marcos A. Coronado Ortega, ^{1,3}Conrado García González, ²Ana M. Vázquez Espinoza, ¹Daniela G. Montes Núñez

¹Instituto de Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California, Calle de la Normal S/N, Col. Insurgentes Este, CP 21280, Mexicali, BC, México, Tel 52686-5664150, gmontero@uabc.edu.mx

²Escuela de Ingeniería y Negocios Guadalupe Victoria, Universidad Autónoma de Baja California

³Instituto Tecnológico de Mexicali, Academia de Química y Bioquímica

Resumen

En Baja California, los cultivos de algodón y trigo constituyen parte fundamental de su producción agrícola. Tales cultivos, generan biomasa residual después de cada cosecha, que es casi totalmente, quemada a cielo abierto, con la finalidad de despejar la tierra para el siguiente ciclo. Es así que en el ciclo agrícola 2011, a partir del trigo, se generaron 542,000 t de paja en el Valle de Mexicali. Por su parte, el residuo proveniente del cultivo de algodón, constituido por la vara de algodón, superó las 143,000 t. Además de los residuos agrícolas, un estudio piloto mostró que en el estado se generan aproximadamente 8 millones de litros anuales de aceite vegetal residual, tan solo en el sector restaurantero. Todos estos residuos constituyen una fuente de energía que se desecha anualmente, equivalente a 10.4 PJ. Por ello, además de determinar el potencial biomásico disponible en la entidad a partir de tales residuos, el objetivo de este trabajo es proponer opciones de aprovechamiento de la energía contenida en esta biomasa residual, considerando las características de la materia prima disponible y las tecnologías existentes. Los resultados muestran que existe el potencial para generar energía eléctrica, con un sistema de 105 MW de capacidad instalada, y además obtener anualmente 6.4 millones de litros de biodiesel. La obtención de este biocombustible se efectúa mediante una reacción de transesterificación de los aceites vegetales residuales, considerando una eficiencia promedio de conversión del 80%, basada en resultados experimentales con mezclas obtenidas en Mexicali.

Palabras Clave: *Biocombustibles, biodiesel, energía eléctrica, potencial biomásico.*

1. Introducción

Acorde con el desarrollo de la humanidad, se ha incrementado la demanda de energía, provocando que el uso de residuos como materia prima para la producción de energía se haya intensificado en el mundo, como alternativa para satisfacer parte de tal demanda. Asimismo, se han desarrollado y adaptado tecnologías basadas en la utilización de biomasa residual, que permiten obtener combustibles líquidos y gaseosos, calor, electricidad [1]. En México, la biomasa contribuye con el 3.8% de la energía primaria, sin embargo, en esta contabilidad solo se considera el bagazo de caña y la leña y no se tienen en cuenta otros recursos biomásicos provenientes de las actividades agrícolas, considerados materiales de desecho [2]. Tal es el caso de los residuos derivados de las cosechas de algodón y de trigo, cultivos que en el Valle de Mexicali constituyen la fuente principal de actividad agrícola y que sustentan la economía regional.

Además de estos residuos derivados de la actividad agrícola, en Baja California, la industria de preparación de alimentos tiene como remanentes los Aceites Vegetales Residuales (AVR), que fueron usados en la cocción de alimentos y que usualmente son enviados al sistema de drenaje



municipal, ocasionando con ello problemas de taponamiento de la red municipal, malos olores y contaminación en general.

De acuerdo con los resultados del proyecto denominado: “Potenciales y Viabilidad del Uso de Bioetanol y Biodiesel para el Transporte en México”, en la producción de biodiesel a partir de la semilla de colza, soya, jatropha, girasol, y cártamo, así como de sebo animal y AVR, los costos de los insumos representan entre el 59% y 91% de los costos de producción del biodiesel y debido a ello, los AVR constituyen una oportunidad para la producción de biocombustibles [3].

Considerando que tales materiales residuales tienen un alto contenido energético que pueden ser procesados para obtener calor, electricidad o combustibles, en este trabajo se evaluaron las opciones para transformar los residuos agrícolas, constituidos por 543,000 t de paja de trigo y 143,000 t de vara de algodón, así como los 10 millones de litros de AVR, que anualmente se generan en Baja California, utilizando tecnologías probadas [4].

1.1 Tecnologías para la conversión de biomasa celulósica

Las tecnologías existentes para convertir biomasa residual en biocombustibles, energía térmica, electricidad o una combinación de todas éstas, pueden agruparse principalmente en: combustión, gasificación, pirólisis y fermentación, tal como se muestra en la Figura, 1 adaptada de [5].

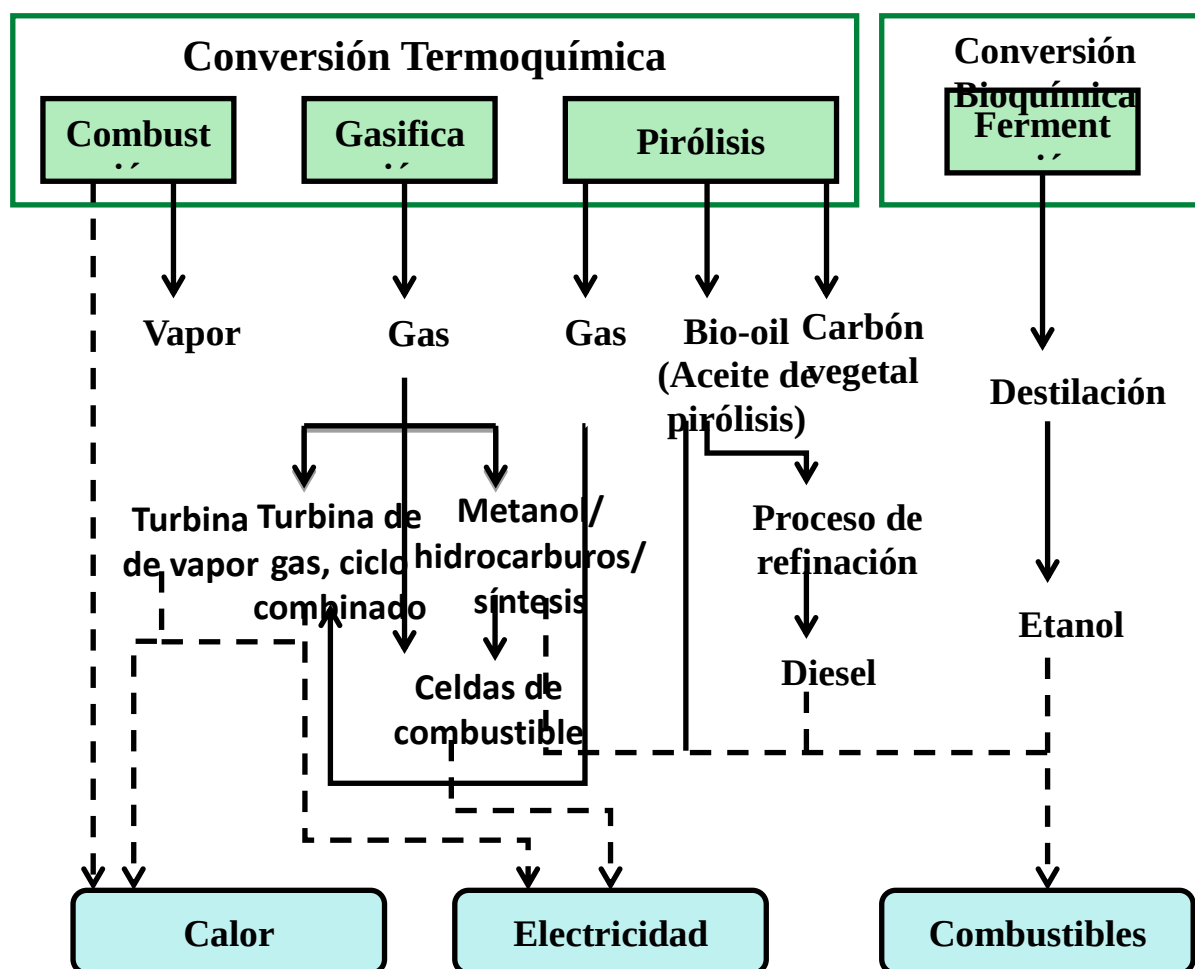


Figura 1. Rutas de conversión de biomasa celulósica agrícola residual.



La combustión es un proceso termoquímico que se efectúa en presencia de oxígeno y tiene como producto principal la obtención de energía térmica, a partir de la transformación de la energía química contenida en el material procesado. Esta energía térmica es a su vez utilizada para generar vapor y electricidad.

La gasificación consiste en la conversión de biomasa celulósica en gas de síntesis, el cual puede ser convertido en hidrógeno, metano, mezcla de alcoholes, combustible líquido por medio de la síntesis Fischer-Tropsch, y en otros compuestos químicos [6].

Mediante la pirólisis se efectúa la descomposición térmica de la biomasa en ausencia de oxígeno. En función de las condiciones de operación, puede obtenerse el denominado bio-oil o aceite de pirólisis, gas de síntesis (H_2 y CO), alquitranes y carbón vegetal. El aceite de pirólisis puede ser convertido en diesel mediante procesos de hidrotratamiento e hidrocrackeo, para modificar sus propiedades de modo tal que sea más adecuado para su uso como combustible líquido.

En la fermentación se efectúan conversiones de tipo bioquímico, es decir intervienen microorganismos, tales como levaduras cuyo objetivo es la conversión de materia orgánica en etanol. Con este proceso se logra la conversión del 50 al 60% de la corriente de alimentación, y el remanente, es un subproducto que puede ser utilizado como composta. En el caso de la celulosa, es necesario efectuar un pretratamiento de hidrólisis para convertirla en azúcares que posteriormente son fermentados.

1.2 Tecnologías para la conversión de aceites vegetales en biodiesel

La American Standard for Testing and Materials (ASTM), define al biodiesel como una mezcla de ésteres mono alquílicos de ácidos grasos de cadena larga, obtenidos de aceites vegetales o grasas animales, y se utilizan en los motores de ignición-compresión. Los procesos de obtención de tales ésteres difieren, esencialmente, en el tipo de catalizador que utilizan y se denominan: catálisis ácida, catálisis alcalina o una mezcla de ambas y la catálisis enzimática, que se describen enseguida.

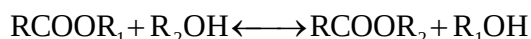
Catálisis Alcalina. Se utiliza comúnmente hidróxido de sodio o hidróxido de potasio con un alcohol de cadena corta como el metanol o el etanol, así como con cualquier tipo de aceite. Es recomendable producir el alcóxido para obtener una mejor eficiencia global en la reacción. El proceso con catálisis alcalina se lleva a cabo más rápido que el proceso con catálisis ácida. La temperatura típica a la que se efectúa esta reacción es de 60 °C y se completa en aproximadamente 1 hora.

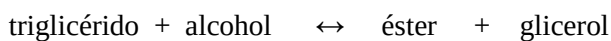
Catálisis ácida. En este método se utiliza ácido sulfúrico o sulfónico, el cual cataliza la reacción entre la materia prima, compuesta de ácidos grasos y triglicéridos (aceite o grasa) y el metanol. En ambos tipos de catálisis, un exceso de alcohol mejora el rendimiento de conversión de los triglicéridos, pero la recuperación de glicerol resulta más difícil. La temperatura típica de la reacción es superior a los 100°C y requiere más de 3 horas para que se complete la conversión.

Catálisis enzimática. Se utilizan catalizadores que hacen posible la transesterificación de los triglicéridos, tanto en fase acuosa como en sistemas no acuosos. En esta ruta catalítica, los ácidos grasos libres, presentes en las grasas y AVR, pueden ser convertidos completamente en ésteres alquílicos. Ello representa una ventaja sobre los procedimientos anteriores. Sin embargo, los costos de producción por esta vía, son mayores que los correspondientes a la catálisis alcalina y ácida [7].

Proceso de transesterificación. Consiste en reemplazar el glicerol por un alcohol simple, como el metanol o el etanol, de forma que se produzcan ésteres metílicos o etílicos de ácidos grasos.

La reacción de transesterificación puede representarse de la siguiente manera [8]:





donde de manera simplificada: R = cadena de ácidos grasos; R₁ = cadena de triglicérido y R₂ = grupo metilo o etilo

2. Desarrollo

Los residuos agrícolas, considerados en esta evaluación, disponibles en Baja California son la paja de trigo y vara de algodón, los cuales son generados anualmente después de cada cosecha. Además se contabilizaron los AVR generados en los establecimientos de preparación de alimentos.

2.1 Recursos biomásicos en Baja California

En el ciclo agrícola 2011, el residuo proveniente del cultivo de algodón en el Valle de Mexicali, constituido por la vara de algodón, superó las 143,000 t [9],[10]. Esto fue calculado considerando una superficie sembrada de 32,461 ha, un factor de generación de vara de algodón de 4.42 ton/ha [11] y un poder calorífico igual a 14.79 MJ/kg [12].

El cultivo de trigo en el año 2011, alcanzó las 74,260 ha, con un índice de generación de paja de 7.3 t/ha [13]. Se consideró un poder calorífico de 17.5 MJ/kg [14] y que el 85% de la paja generada en cada ciclo agrícola es quemada *in situ* [15].

En relación con los AVR, y como resultado de un proyecto de investigación del Instituto de Ingeniería, en el cual se desarrolló un estudio exploratorio, para estimar la generación de AVR en el sector restaurantero de Mexicali. Para ello, se tomó información de INEGI que reportó la existencia de 1,094 restaurantes en 2010, y de este se definió un tamaño de muestra del 10 %. Con esta muestra, se procedió a levantar la información utilizando como instrumento principal la encuesta, que fue aplicada a los restaurantes seleccionados mediante una distribución geográfica, para obtener información confiable y pertinente de la cantidad generada de AVR. Posteriormente, se efectuó el análisis de datos. De manera aleatoria se seleccionaron muestras de AVR que se procesaron vía alcalina mediante una reacción de transesterificación para obtener una mezcla de esteres metílicos conocida como biodiesel. Tales determinaciones se efectuaron en el laboratorio de biocombustibles del Instituto de Ingeniería de la UABC. Los resultados obtenidos del estudio exploratorio se utilizaron como base para evaluar la generación de AVR en Baja California [4].

3. Resultados y discusión

3.1 Contenido energético de los materiales residuales

La Figura 2 resume los resultados del contenido energético de la materia residual. Así entonces, podemos apreciar que la vara de algodón y la paja de trigo poseen una energía equivalente a 10,105 TJ que es liberada al ambiente cada año debido a las quemas agrícolas, que constituyen una práctica ancestral en el Valle de Mexicali. En cuanto a los AVR, a partir del estudio exploratorio se estimó que en Baja California se generan 10,000,000 de litros anuales y considerando el rendimiento experimental obtenido, se obtuvo un equivalente energético de biodiesel de 206 TJ anuales. Tomando en cuenta el poder calorífico inferior del diesel reportado por SENER, se determinó la energía equivalente total representada en litros de diesel.

3.2 Opciones de aprovechamiento de la biomasa residual en Baja California

Existen diversas tecnologías disponibles en el mercado para la conversión de biomasa, mediante la combustión directa para generación de energía eléctrica. En la pirólisis y la gasificación a diferencia



de la combustión directa, la biomasa es materia prima para producir un combustible de mayor valor (o poder calorífico), el cual puede ser posteriormente utilizado en equipos más especializados y de mayor eficiencia como los denominados CHP (Combustion Heat and Power). Estas tecnologías de conversión de la biomasa en energéticos de mayor valor agregado, implican mayor costo de inversión, operación y mano de obra especializada. Sin embargo, cabe destacar que ambas tecnologías, son capaces de procesar una gran variedad de materiales clasificados como residuos, incluso los denominados peligrosos.

Para la generación de energía eléctrica mediante la combustión de la biomasa, se estima que la mejor opción es distribuirla en módulos pequeños e independientes. Asimismo, es sumamente recomendable que esta planta se construya lo más cercano a la generación de la biomasa para evitar costo de transporte.

Materias residuales en BC con alto contenido de energía		
Vara de	Paja de	Aceite
		
143.000 ton	542.000	10,000 000
Disponibilidad anual de materias primas		
4.42 ton/Ha	85%	80%
Recuperación de biomasa agrícola y aceites vegetales		
10,105 TJ		206 TJ
Energía equivalente anual		Energía
Equivalen a 285 millones de		

Figura 2. Materias primas residuales con potencial energético en Baja California [Elaboración propia].

La fermentación no se consideró como una opción pertinente para este tipo de materia debido a que los materiales lignocelulósicos, deben ser hidrolizados previamente para convertirlos en azúcares y posteriormente fermentarlos. Sin embargo, tal hidrólisis resulta complicada de llevarla a la práctica debido a manejo de medios ácidos que afectan el rendimiento de las bacterias empleadas en la fermentación.

En relación con los costos de producción, los valores reportados son de 3.8 a 10.2 c/kWh (EU) para un sistema cuya tecnología es la pirólisis que procesa cultivos energéticos; de 7.8 c/kWh (EU) para un gasificador que se alimenta con plantaciones de bajo costo; de 12.7 c/kWh (EU) para generación eléctrica por combustión directa de residuos agrícolas y de 9.3 hasta 12.4 c/kWh (EU) para el caso de generación eléctrica por combustión de paja [16].



4. Conclusión

A partir de los residuos generados anualmente en Baja California, es posible sustituir una fracción importante del consumo de combustibles fósiles, aprovechando la energía contenida en la biomasa residual que equivale a 285 millones de litros de diesel. Con ello se incrementaría la participación de energías renovables en la matriz energética de México. Es importante destacar que aunque en términos energéticos la energía equivalente de los AVR, es mínima comparada con la correspondiente a los residuos agrícolas, es pertinente su procesamiento debido a que en la actualidad, su manejo y disposición se efectúan de manera inadecuada, provocando la contaminación de la red de alcantarillado sanitario.

La producción de electricidad mediante la biomasa, es una opción competitiva en comparación con la generación eólica proveniente de la planta ubicada en La Rumorosa. Además de los residuos agrícolas considerados en esta evaluación, es recomendable incluir los materiales generados por otros cultivos propios de Baja California. Igualmente, es de suma importancia que además de los residuos oleicos de los restaurantes se contabilicen los AVR generados a nivel domiciliario y que se contemplen alternativas para el procesamiento de otros residuos que pueden ser transformados en materiales con gran valor agregado y elevado contenido energético, mediante procesos como la pirólisis y la gasificación.

Agradecimientos

Los autores agradecen a CONACYT y al Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California, por las facilidades otorgadas para el desarrollo de este proyecto.

Referencias Bibliográficas

- [1] Demirbas F., Balat M., Balat H. "Biowastes-to-biofuels". *Energy Conversion and Management*. Vol 52 (4). 2011. pp.1815–1828.
- [2] SENER. Secretaría de Energía. "Balance nacional de energía". 2010. pp. 25.
- [3] SENER. Secretaría de Energía. "Potencialidades y viabilidad del uso del bioetanol y biodiesel para el transporte en México". 2006.
- [4] Coronado, M. Estudio de factibilidad de producción de energía a partir de aceite vegetal residual. Caso: Sector restaurantero. Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, 2010. México.
- [5] UNEP. *Converting Waste Agricultural Biomass into a Resource. Compendium of Technologies*. 2009. The International Environmental Technology Centre. Osaka/Shiga, Japan. 441.
- [6] Bain R. The Task 33. *Thermal Gasification of Biomass*. International Energy Agency. 2012 (20/02/2012). <http://128.131.132.12>
- [7] Meher, L., Sagar, V., Naik, S. "Technical aspects of biodiesel production by transesterification a review". *Renewable & sustainable energy reviews*. Vol.10(3). (2006). pp.248-268.
- [8] Zhang, Y, Dubé MA, McLean DD, Kates M. "Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment". *Bioresource Technology*. Vol. 89(1). 2003. pp.1-16.



- [9] SFA. Anuario Estadístico de la producción Agrícola para el Estado de Baja California. 2011 (05/08/2008). <http://www.sfa.gob.mx>.
- [10] OEIDRUS. Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable. Portal OEIDRUS Baja California. 2012 (07/05/2012). http://www.oeidrus-bc.gob.mx/oeidrus_bca/.
- [11] Gemtos T., Tsiricoglou T. "Harvesting of cotton residue for energy production". *Biomass and bioenergy*. Vol. 16 (1). 1999. pp. 52.
- [12] Domański E., Milne T. Thermodynamic data for biomass conversion and waste incineration. 1986 (05/05/2012). <http://www.nrel.gov/biomass/pdfs/2839.pdf>.
- [13] SFA. Secretaría de Fomento Agropecuario. 2012 (09/05/2011). http://www.oeidrus-bc.gob.mx/oeidrus_bca.
- [14] McKendry P. "Energy production from biomass (part 1): overview of biomass". *Bioresource Technology* Vol. 83(1). 2002. pp. 37-46.
- [15] Moncada, A., Quintero, M. "Contaminación y control de las quemaduras agrícolas en Imperial, California, y Mexicali, Baja California". *Región y Sociedad*, Vol XX(43). 2008. pp. 3-24.
- [16] Evans, A., Strezov, V., Evans, T. "Sustainability consideration for electricity generation from biomass". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 14(5). 2010. pp. 1419-1427.



Los residuos orgánicos en la implementación de la economía basada en hidrógeno

¹Virginia Montiel Corona, ¹Marcia G. Morales Ibarra, ²José Antonio Guevara García

¹ Laboratorio W107 Emisiones Gaseosas. Posgrado en Biotecnología. Universidad Autónoma Metropolitana – Unidad Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco N° 186, Col. Vicentina C.P. 09340, Iztapalapa, México D.F.; Tel. 01(55)58044600.
e-mail: vmontielcoronayahoo.com.mx

² Laboratorio de Investigación en Bioinorgánica y Biotecnología (LIByB). Fac. de Ciencias Básicas, Ingeniería y Tecnología. Universidad Autónoma de Tlaxcala, Campus Apizaco, P.O. Box 140, 90300. Apizaco, Tlaxcala. México.

Resumen

Debido a los problemas de contaminación ambiental, calentamiento global, escasez de combustibles fósiles y la demanda energética mundial creciente se desarrollan fuentes alternas de energía como la eólica, solar, mareomotriz, geotérmica, biodiesel, hidrógeno y bioetanol. Resultados de diversas prospectivas económicas recientes indican que el hidrógeno, el biodiesel y la energía eólica pueden suplementar energía de manera satisfactoria y autónoma. Los estudios coinciden en que entre las diversas fuentes alternas de energía el hidrógeno es la energía limpia, sustentable y sostenible para el futuro. Proyectándose que para el 2040 se tendrá una participación mayoritaria de este vector energético y la conversión completa de la economía basada en hidrógeno para el 2050.

De las diferentes formas de obtención de hidrógeno la que tiene mejor perspectiva a corto plazo es la gasificación de la biomasa, seguida a mediano y largo plazo de la producción vía biológica. Para esto último se tienen actualmente los métodos de fermentación oscura y luminosa de los cuales podemos obtener hidrógeno a partir de residuos orgánicos. Entre los retos que presenta su aplicación tecnológica están la utilización de consorcios microbianos que puedan adaptarse a condiciones variables de sustrato y temperatura, diseño adecuado de reactores, escalamiento, acoplamiento de los procesos, etc.

La producción biológica de hidrógeno a partir de residuos orgánicos ofrece una forma de producción de hidrógeno renovable y económico. Además de reducir el volumen de emisiones de CO₂, incrementar los ingresos de la agricultura por la utilización de desperdicios, y reducir los costos del manejo de los residuos sólidos municipales.

Palabras Clave: Economía, Hidrógeno, residuos.

1. Introducción

En los últimos años, la preocupación sobre las consecuencias ambientales por la fuerte dependencia de los combustibles fósiles como fuentes principales de energía ha ido en aumento en todo el mundo [1]. Es conocido que las reservas de petróleo son recursos limitados y se estima que se agotarán en menos de 50 años al ritmo actual de consumo [1].

El dramático aumento en el precio del petróleo el cual aumentó de 42 dólares por tonelada en 2005(1 enero) a más de 144 dólares en 2008 (11de julio de 2008) [2], y el carácter finito de los combustibles fósiles ha obligado a la búsqueda de nuevas fuentes de energía renovables, sustentables y que presenten balance de emisiones de CO₂ neutro o negativo [3], [4].

Existen y han surgido nuevas tecnologías para solucionar este problema, entre las cuales podemos mencionar la energía hidroeléctrica, solar, eólica, geotérmica y mareomotriz. Estas energías solo



son aplicables bajo ciertas condiciones [5], por lo que es necesario tener una fuente de energía que se pueda aplicar en cualquier lugar. Una alternativa que podría dar una solución es la generación de hidrógeno.

El hidrógeno (H_2) está considerado como uno de los combustibles más prometedores del futuro debido a su alto contenido energético (122 kJ/g) en comparación con los combustibles fósiles. Es un combustible limpio, sin emisión de CO_x , SO_x y NO_x . Además, es un portador de energía importante y puede ser utilizado en las celdas de combustible para la generación de electricidad. Sin embargo, el hidrógeno no está disponible en la naturaleza como los combustibles fósiles, pero puede ser producido a partir de materiales renovables como la biomasa y el agua [6].

Actualmente cerca del 50% de la demanda mundial de hidrógeno se genera del reformado con vapor de metano, aproximadamente un 30% a partir de petróleo/nafta de la refinería industrial, el 18% de la gasificación del carbón, el 3,9% de la electrolisis de agua y 0,1% de otras fuentes. La producción de H_2 a partir de combustibles fósiles no es renovable y produce por lo menos la misma cantidad de CO_2 que la combustión directa de los combustibles fósiles [1]. El hidrógeno puede ser producido por varios procesos como la electrolisis del agua, reformado termocatalítico de compuestos ricos en H_2 y procesos biológicos. Los métodos biológicos proveen cuatro rutas para su generación: biofotólisis, biofotólisis indirecta, fermentación oscura y foto-fermentación [7], [8]. Los dos últimos procesos son efectivos para producir hidrógeno a partir de residuos orgánicos. La biomasa, en particular de desechos orgánicos, ofrece una forma económica y respetuosa del medio ambiente para su producción.

Se cree que en el futuro la biomasa puede convertirse en una fuente importante y sostenible de hidrógeno. Varios estudios han demostrado que el costo de producción de hidrógeno a partir de la biomasa es fuertemente dependiente del costo de la materia prima. La biomasa, en particular, podría ser una opción de bajo costo para algunos países en los que los desechos agrícolas y otras biomásas se reciclen para producir hidrógeno [1].

La producción de hidrógeno a partir de biomasa renovable tiene la ventaja de reducir las emisiones de CO_2 , pero tiene como limitación que el rendimiento de hidrógeno es relativamente bajo, 16-18% basado en el peso seco de la biomasa [9]. Es por ello que se está trabajando intensivamente para mejorar los rendimientos.

El objetivo de la presente revisión es dar un panorama general de los métodos de producción de hidrógeno a partir de biomasa, dar una imagen de la viabilidad económica y tecnológica, y comentar la situación actual en México.

2. Desarrollo

2.1 Fuentes de biomasa

Hay cuatro categorías principales de fuentes de biomasa que tienen el potencial para ser utilizado como materia prima para la producción de H_2 . La primera son los cultivos energéticos, que como su nombre lo indica se producen específicamente por su contenido de energía. Ejemplos son el maíz, la soja, los álamos, y las algas. Los residuos agrícolas es la segunda categoría, que incluye a los cultivos y los residuos animales. La tercera es la de residuos forestales de tala de árboles y limpieza de la tierra, mientras que la cuarta categoría es la de residuos industriales y municipales, así como los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales [6], [10], [11]. La cuarta categoría tiene la ventaja de ser más económica, ecológica, de no competir con la producción de alimentos y dar solución a la disposición y tratamiento de los residuos orgánicos municipales.



2.2 Métodos termoquímicos de producción de hidrógeno a partir de biomasa

La pirólisis y la gasificación de la biomasa, son los dos principales procesos termoquímicos disponibles para convertir la biomasa en hidrógeno. Estos se diferencian en que la pirólisis se lleva a cabo en atmósfera inerte, mientras que la gasificación se realiza en un ambiente reactivo. Ambos procesos generan productos gaseosos que deben ser reformados para maximizar la producción de hidrógeno [2].

2.3 Pirolisis de biomasa

La pirólisis es la conversión de la biomasa en aceites líquidos, carbón sólido, y productos gaseosos. Las temperaturas implicadas están típicamente en el intervalo de 650-800 K a una presión de 1-5 bar, y la velocidad de la reacción y la temperatura determinan el tipo de pirolisis. La pirolisis rápida implica una transferencia de calor rápida y una mayor temperatura, lo que maximiza la producción de gases [2]. Los productos gaseosos de la pirolisis rápida son hidrógeno, metano, monóxido de carbono, dióxido de carbono y otros gases (reacciones 1-5) [12].



La recuperación de los productos restantes de la reacción, como resinas adhesivas, son importantes para hacer que la tecnología sea económicamente viable [10]. De acuerdo con Bartels [2] el costo de hidrógeno a partir de una planta de pirolisis se espera que sea entre 1.47 dólares/kg y 2.57 dólares/kg, precio ajustado al dólar de 2007.

2.4 Gasificación de la biomasa

La gasificación de la biomasa se diferencia de la pirolisis en que las temperaturas implicadas son más altas, típicamente por encima de 1000 K, y el proceso se produce en una atmósfera que contiene oxígeno reactivo en cantidades limitadas que permiten la oxidación parcial de la biomasa [2]. Las etapas principales durante de la gasificación son secado, pirolisis, oxidación y reducción [12]. La biomasa se descompone en hidrógeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono y metano. En este proceso se tiene rendimientos de hidrógeno más altos que en la pirolisis. El costo de hidrógeno producido por la gasificación de biomasa se espera que sea entre 1.44 dólares/kg y 2.83 dólares/kg (precio ajustado al dólar en 2007) [2].

2.5 Métodos biológicos de producción de hidrógeno

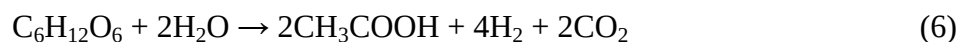
2.5.1 Fermentación oscura

Desde hace algunas décadas, la digestión anaeróbica (fermentación oscura) se emplea para producir gas combustible a partir de biomasa. El proceso se ha dividido en cuatro etapas: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis, y, eventualmente, la metanogénesis [13]. En la hidrólisis se lleva a cabo la conversión de biopolímeros no solubles a compuestos solubles, la acidogénesis consiste en la conversión de los compuestos orgánicos solubles en ácidos grasos volátiles (AGV), H_2 y CO_2 ; en la



acetogénesis sucede una conversión de los ácidos grasos volátiles en ácido acético e H_2 y finalmente, si se encuentran arqueas metanogénicas en el cultivo, la metanogénesis, que es la conversión de ácido acético y CO_2 en gas metano [13], [14].

El rendimiento de hidrógeno por mol de glucosa depende del sustrato, ruta de fermentación y los productos finales. Cuando el ácido acético es el producto final la producción teórica máxima es de 4 moles de hidrógeno por mol de glucosa [15], según la reacción:



Cuando el ácido butírico es el producto final, la producción teórica máxima es de 2 moles de H_2 por mol de glucosa. Los rendimientos teóricos máximos de hidrógeno están asociados con el acetato como producto final de la fermentación. Sin embargo en la práctica los rendimientos de hidrógeno son consecuencia de la producción de una mezcla de acetato y ácido butírico, cuando existen bajos rendimientos, estos son asociados con la producción de propionato y productos finales reducidos como alcoholes y ácido láctico [7].

La digestión anaerobia está fuertemente influenciada por factores como la temperatura, inóculo, pH, tipo de sustrato, acumulación de metabolitos, tiempo de residencia hidráulica (TRH), entre otros [7]. A nivel laboratorio se han utilizado sustratos de fácil degradación como la glucosa y sacarosa y solo recientemente se ha reportado el uso de residuos de frutas y verduras como sustrato [4], [17], [18]. Los rendimientos para la producción de H_2 en procesos en continuo empleando glucosa reportan rendimientos entre 0.85 y 3.5 mol de H_2 /mol de glucosa [19], [20].

2.5.2 Fermentación luminosa

Este proceso es llevado a cabo bajo iluminación por las bacterias púrpuras no sulfurosas (BPNS) quienes bajo condiciones anaerobias y limitación de nitrógeno son capaces de utilizar ácidos orgánicos producidos en la fermentación oscura como el acético, láctico, málico, propiónico y butírico para producir H_2 [21]. Dentro de las BPNS que se han empleado para la producción de H_2 podemos mencionar a *Rhodobacter sphaeroides*, *Rhodobacter capsulatus*, *Rhodospirillum rubrum* y *Rhodopseudomonas palustris* [22]. La producción de hidrógeno por las BPNS es catalizada por la enzima nitrogenasa. La producción total de H_2 va acompañada por varios eventos metabólicos como es la producción de poli-3-hidroxi-butirato (PHB) y el consumo de hidrógeno por la hidrogenasa [23].

La actividad consumidora de hidrógeno de la hidrogenasa es crítica para la producción de hidrógeno. Por lo que algunos investigadores han modificado microorganismos para eliminar la capacidad de síntesis de esta enzima [23].

La síntesis de nitrogenasa es estimulada fuertemente por la luz [24], sin embargo a altas intensidades luminosas la eficiencia de conversión de la energía luminosa a hidrógeno decrece [25]. Uno de los principales retos es maximizar las eficiencias de conversión luminosa y ello depende en gran parte del diseño del reactor, de la fuente luminosa empleada y la longitud de onda [25].

Los parámetros que se han manipulado con la finalidad de mejorar la producción del hidrógeno a escala laboratorio son: optimización del sustrato (combinación de AGV en proporciones óptimas, diluciones, relación C/N), pH [26], temperatura, intensidad luminosa [27], tipo de proceso, diseño del fotobioreactor [28], y también se han realizado manipulaciones genéticas [22].



3. Resultados y discusión

3.1. Producción de H₂ en dos etapas: fermentación oscura – fermentación luminosa

El rendimiento teórico máximo de H₂ en la fermentación oscura es de 4 mol H₂/mol glucosa, sin embargo si los ácidos resultantes de esta fermentación se usan como sustrato en una etapa adicional de fotofermentación, se ha reportado que pueden obtenerse rendimientos de 8 mol H₂/mol glucosa [3]. Así, con la combinación de estos procesos el máximo rendimiento teórico podría llegar hasta 12 mol H₂/mol glucosa cuando el ácido acético es el único producto de la fermentación oscura. Según Argún y Kargi [20], se requiere un rendimiento de 8 moles de H₂ para que el proceso sea económicamente viable.

En la tabla 1 se presentan estudios de producción de H₂ integrando la fermentación oscura y luminosa.

3.2. Viabilidad económica y tecnológica

El costo estimado de la producción de hidrógeno por fuentes convencionales y energías alternativas se muestra en la tabla 2. Los valores reportados por Balat y Balat [1] están ajustados al precio del dólar en 2005 y los reportados por Bartels [2] están ajustados al precio del dólar en 2007. Como puede observarse el gas metano, el carbón y la biomasa son las fuentes más económicas.

Las energías alternativas proveen hidrógeno a altos costos; sin embargo el costo de los combustibles fósiles como materia prima va en aumento y a medida que las mejoras tecnológicas en la producción de energías alternativas aumenten estas pueden llegar a ser más económicas en el futuro.

Tabla 1. Rendimientos de producción de hidrógeno en proceso secuencial fermentación oscura – fotofermentación

Sustrato	Inóculo. F. oscura	Inóculo. F. luminosa	F. oscura (mol H ₂ /mol glucosa)	F. luminosa (mol H ₂ /mol glucosa)	Modo de operación F.osc./F. lum.	Ref.
Sacarosa (17.8 g/L)	<i>Clostridium pasteurianum</i>	<i>R. palustris WP3-5</i>	1.9	3.22	Lote/lote	[28]
Almidón de papa dulce (10 g/L)	<i>C.butyricum</i> y <i>Enterobacter aerogenes</i> HO-39	<i>R. sphaeroides M-19</i>	2.4	4.6	Lote/Lote	[29]
Melaza de remolacha (15 g glu/L)	<i>Caldicellulosi- ruptor saccharolyticus</i>	hup-mutant of <i>R.capsulatus</i>	2.1	4.75	Lote/Lote	[30]
Almidón de mandioca (10.4 g/L)	Mezcla de bac. Anaerobias (principalmente <i>Clostridium</i>)	<i>Rhodobacter palustris</i>	2.53	3.54	Lote/Lote	[31]
Trigo (10g/L)	Lodo anaerobio	<i>Rhodobacter sphaeroides</i> (NRRL-B1727)		0.45 mol H ₂ /mol acetato	Continuo/conti nuo	[32]
Papa	Lodos activados	<i>R. capsulatus B10</i>	0.7	4.9	Lote/Lote	[33]



En cuanto al costo de producción de hidrógeno por fermentación oscura y fotofermentación hay muy poca información. En la fermentación oscura además de producir hidrógeno, la producción de biohidrógeno también se utiliza para procesar aguas residuales. Chang y Hsu (2012) realizaron un análisis de los dos escenarios a partir de un sistema de fermentación de biomasa: para aumentar el valor de un sistema de tratamiento de aguas residuales y para realizar específicamente la producción de hidrógeno. Los resultados analíticos mostraron que la producción fermentativa de hidrógeno a partir de un sistema de biomasa sería aumentar el valor de un sistema de tratamiento de aguas residuales y hacer su comercialización más factible. En contraste, la producción de hidrógeno a partir de un sistema de fermentación de la biomasa diseñado específicamente para la producción de hidrógeno todavía no está lista para su comercialización.

El principal obstáculo a superar en la promoción de la producción tecnológica de biohidrógeno y su aplicación es la falta de canales de venta. Por lo tanto, se sugiere que los gobiernos proporcionen subvenciones a la inversión para el uso de la tecnología de producción de biohidrógeno y establecer un sistema de tarifas de compra para las pilas de combustible [34].

Tabla 2. Costo estimado de la producción de hidrógeno por fuentes convencionales y energías alternativas

Método	US \$/kg Ref. [1]	US \$/kg Ref. [2]
Reformado de metano	0.78	2.33 – 3.17
Gasificación de carbón	1.41	0.36 - 1.83
Gasificación de biomasa	1.24	1.44 - 2.83
Pirólisis de biomasa	1.26	1.47 - 2.57
Electrolisis (convencional)	2.88	
Electrolisis (solar)	4.29	6.05
Electrolisis (viento)		3.5
Electrolisis (nuclear)		4.36
Producción fotobiológica	3.77	

4. Conclusiones

Con respecto a la factibilidad tecnológica para la producción de hidrógeno a partir de biomasa es la pirólisis y la gasificación quienes cuentan con una tecnología bien conocida y desarrollada, aunque esto no significa que no se siga investigando en la mejora de los procesos.

En cuanto a los métodos biológicos, por el momento y en el corto plazo la fermentación oscura es el único proceso factible de escalar, ya que se conoce ampliamente. En contraste la fotofermentación solo se ha probado a pequeña escala y la gran mayoría de los procesos que se han llevado a cabo



hasta ahora han sido en pequeña escala, en lote, con fuentes puras de carbono estériles, cultivos puros y condiciones controladas de laboratorio.

Para que en la práctica la producción biológica de H_2 a gran escala sea rentable y sustentable se requiere de una visión integrada del metabolismo y condiciones de operación, empleando sustratos reales (biomasa natural como lo son los residuos agrícolas y vegetales), condiciones no estériles con consorcios microbianos que puedan desarrollarse y predominar bajo estas condiciones. Lograr una operación estable bajo estas condiciones e integrar la fermentación oscura y la fotofermentación es uno de los mayores retos en los procesos biológicos.

Con respecto a México, la generación de biogás a partir de la gasificación de biomasa se encuentra a nivel de investigación en plantas piloto de la UNAM en Cd. Universitaria y otros lugares, sin embargo se asume que el potencial de generación es muy alto, puesto que se estima que tan solo los subproductos de aserraderos y de la extracción forestal pueden generar 71×10^{15} J/año de energía [35], pero además existen otras fuentes como los residuos agro-industriales, los residuos agrícolas, las excretas pecuarias y los residuos municipales que pueden aprovecharse con este propósito y que constituyen cerca del 30% del potencial energético de la biomasa en México [36]. En cuanto a la generación de biohidrógeno por vía biológica (fermentación oscura y/o fermentación luminosa) esta se encuentra todavía en fase de investigación en laboratorio en México en las principales Universidades del país y hasta donde conocemos no existen plantas piloto de este tipo en México.

5. Referencias Bibliográficas

- [1] Balat, M., Balat, M. Political, Economic and environmental impacts of biomass-based hydrogen. *International Journal of Hydrogen Energy*. Vol. 34. 2009, pp. 3589-3603.
- [2] Bartels, J. R., Pate, M. B., Olson, N. K. An economic survey of hydrogen production from conventional and alternative energy sources. *International Journal of Hydrogen Energy*. Vol. 35. 2010, pp. 8371-8384.
- [3] Guwy, A.J., Dinsdale, R.M., Kim, J.R., Massanet- Nicolau, J., Premier, G. Fermentative Biohydrogen Production Systems Integration. *Bioresource Technology*. 2011. doi: 10.1016/j.biortech.2011.04.051
- [4] Mohan, S.V., Mohanakrishna, G., Kannaiah, G R., Sarma, P.N. Acidogenic fermentation of vegetable based market waste to harness biohydrogen with simultaneous stabilization. *Bioresource Technology*. Vol. 100(12), 2009, pp. 3061-8.
- [5] Lee, D.H., Hung, C.P. Toward a clean energy economy: With discussion on role of hydrogen sectors. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2012, pp. 1-13.
- [6] Argun H, Kargi F. Bio-hydrogen production by different operational modes of dark and photofermentation: An overview. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2011, doi:10.1016/j.ijhydene.2011.03.116
- [7] Levin, D. B., Pitt, L., Love, M. Biohydrogen production: prospects and limitations to practical application. *Int. J. Hydrogen Energy*. Vol. 29, 2004, pp. 173 – 185.
- [8] Koku, H., Eroğlu, I., Gündüz, U., Yücel M., Türker L. Aspects of the metabolism of hydrogen production by *Rhodobacter sphaeroides*. *Int. J. Hydrogen Energy*. Vol. 27, 2002, pp. 1315 –1329.
- [9] Demirbas, A. Yields of hydrogen of gaseous products via pyrolysis from selected biomass samples. *Fuel*. Vol. 80, 2001, pp. 1885.



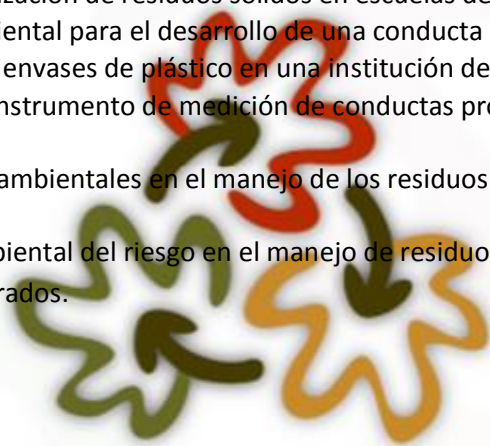
- [10] Ni, M., Leung, MKH., Sumathy, K., Leung, DYC. Potential of renewable hydrogen production for energy supply in Hong Kong. *Int J Hydrogen Energy*. Vol. 31, 2006, pp. 1401.
- [11] Tanksale, A., Beltramini, J.N., Lu, G.Q.M. A review of catalytic hydrogen production processes from biomass. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 14, 2010, pp. 166–182.
- [12] Manara, P., Zabaniotou, A. Towards sewage sludge based biofuels via thermochemical conversion. *A review Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 16, 2012, pp. 2566– 2582.
- [13] Hiligsmann, S., Masset, J., Hamilton, C., Beckers, L., Thonart, P. Comparative study of biological hydrogen production by pure strains and consortia of facultative and strict anaerobic bacteria. *Bioresource Technology*. Vol. 102, 2011, pp. 3810–3818.
- [14] Reith, J.H., Wijffels, R.H., Barten, H. Bio-methane & Bio-hydrogen Status and perspectives of biological methane and hydrogen production. *Dutch Biological Hydrogen Foundation on behalf of the contributing authors*. 2003, pp 9-14.
- [15] Holladay, J.D., Hu, J., King, D.L., Wang, Y. An overview of hydrogen production technologies. *Catalysis Today*. Vol. 139, 2009, pp. 244–260.
- [16] Jianzheng, L., Nanqui, R., Baikun, L., Zhi, Q., Junguo, H. Anaerobic biohydrogen production from monosaccharides by a mixed microbial community culture. *Bioresour Technol*. Vol. 99, 2008, pp. 6528-6537.
- [17] Chan, C. Estudio de los parámetros de operación de un reactor anaerobio para la producción de hidrógeno a partir de residuos organicos. 2010. Tesis de maestría. UPIBI-IPN. México D.F.
- [18] Hwang, J.H., Choi, J.A., Reda, A.I., Abou-Shanab, Booki, M., Song, H., Kim, Y., Lee, S., Jeon, B.H. Feasibility of hydrogen production from ripened fruits by a combined two-stage (dark/dark) fermentation system. *Bioresource Technology*. Vol. 102, 2011, pp. 1051–1058.
- [19] Zhang, Z.P., Show, K.Y., Tay, J.H., Liang, D.T., Lee, D.J. Bio-hydrogen production with anaerobic fluidized bed reactorsd. A comparison of biofilm-based and granule-based systems. *Int J Hydrogen Energy*. Vol. 33, 2008, pp. 1559e64.
- [20] Argun, H., Kargi, F. Bio-hydrogen production by different operational modes of dark and photo-fermentation: An overview. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2011, pp. 1- 10.
- [21] Kapdan, I. K., Kargi, F. Bio-hydrogen production from waste materials. *Enzyme and Microbial Technology*. Vol. 38, 2006, pp. 569–582.
- [22] Kars, G., Gunduz, U. Towards a super H₂ producer: Improvements in photofermentative biohydrogen production by genetic manipulations. *International Journal of Hydrogen Energy*. Vol. 35, 2010, pp. 6646-6656.
- [23] Kars, G., Gunduz, U., Rakhely, G., Yucel, M., Eroglu, I., Kovacs, K. L. Improved hydrogen production by uptake hydrogenase deficient mutant strain of *Rhodobacter sphaeroides* O.U.001. *Int J Hydrogen Energy*, 2008. doi:10.1016/j.ijhydene.
- [24] Jouanneau, Y., Wong, B., Vignais, P.M. Stimulation by light of nitrogenase synthesis in cells of *Rhodopseudomonas capsulata* growing in N-limited continuous cultures. *Biochim. Biophys. Acta*, Vol. 808, 1985, pp. 149–55.
- [25] Wakayama, T., Miyake, J. Light shade bands for the improvement of solar hydrogen production efficiency by *Rhodobacter sphaeroides* RV. *International Journal of Hydrogen Energy*. Vol. 27, 2002, pp. 1495 – 1500.



- [26] Eroglu, E., Eroglu, I., Gündüz, U., Türker, L., Yücel, M. Biological hydrogen production from olive mill wastewater with two-stage processes. *International Journal of Hydrogen Energy*. Vol. 31, 2006, pp. 1527–1535.
- [27] Uyar, B., Eroglu, I., Yücel, M., Gündüz, U., Türker, L. Effect of light intensity wavelength and illumination protocol on hydrogen production in photobioreactors. *International Journal of Hydrogen Energy*. Vol. 32, 2007, pp. 4670–4677.
- [28] Dasgupta, C. N., Gilbert, J. J., Lindblad, P., Heidorn, T., Borgvang, S.A., Skjanes, K., Das, D. Recent trends on the development of photobiological processes and photobioreactors for the improvement of hydrogen production. *Int. J. Hydrogen Energy*. Vol. 35, 2010, pp. 10218-10238.
- [29] Yokoi, H., Saitsu, A.S., Uchida, H., Hirose, J., Hayashi, S., Takasaki, Y. Microbial hydrogen production from sweet potato starch residue. *J Biosci Bioeng*. Vol. 91, 2001, pp. 58-63.
- [30] Ozgur, E., Mars, A.E., Peksel, B., Louwerse, A., Yucel, M., Gunduz, U. Bio-hydrogen production from beet molasses by sequential dark and photofermentation. *Int J Hydrogen Energy*. Vol. 35, 2010, pp. 511-517.
- [31] Cheng, J., Su, H., Zhou, J., Song, W., Cen, K. Hydrogen production by mixed bacteria through dark and photo fermentation. *Int J Hydrogen Energy*. Vol. 36, 2010, pp. 450-457.
- [32] Ozmihci, S., Kargi, F. Bio-hydrogen production by photofermentation of dark fermentation effluent with intermittent feeding and effluent removal. *Int J Hydrogen Energy*. Vol. 35, 2010, pp. 6674-80.
- [33] Laurinavichene, T., Belokopytov, B.F., Laurinavichius, K. S., Tekucheva, D.N., Seibert, M., Tsygankov, A.A. Towards the integration of dark- and photo-fermentative waste treatment. 3. Potato as substrate for sequential dark fermentation and light-driven H₂ production. *International journal of hydrogen energy*. Vol. 35, 2010, pp. 8536–8543.
- [34] Chang, P.L., Hsu, C.W. Value analysis for commercialization of fermentative hydrogen production from biomass. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2012, pp. 1-7.
- [35] Masera, O. (coordinador), 2006. La Bioenergía en México: Un catalizador del Desarrollo Sustentable, REMBIO/CONAFOR.
- [36] Islas Samperio, J.M. Prospectiva del uso de la bioenergía en México. Seminario: “Cambio Climático. El caso de México”. Academia de Ingeniería. Septiembre de 2007.

MESA 4: SOCIEDAD Y GOBIERNO

- Evaluación del comportamiento pro-ambiental del consumidor en tres etapas del proceso de compra: Un modelado difuso
- La participación de la sociedad en la solución del problema de la basura.
- La pepena una actividad de la economía informal con tradición familiar.
- Cadena de comercialización en la recuperación de materiales reciclables en México: un caso de estudio
- Manejo y reutilización de residuos sólidos en escuelas de nivel básico
- Educación ambiental para el desarrollo de una conducta sustentable.
- Valorización de envases de plástico en una institución de educación superior
- Validación del instrumento de medición de conductas pro-ambientales en una institución educativa.
- Conductas Pro-ambientales en el manejo de los residuos sólidos en una institución Educativa.
- Percepción ambiental del riesgo en el manejo de residuos sólidos urbanos; el caso de los actores involucrados.



5° Encuentro Nacional de Expertos en Residuos sólidos

“Transformando residuos, construyendo sustentabilidad”

XALAPA, VERACRUZ 2012



Evaluación del comportamiento proambiental del consumidor en tres etapas del proceso de compra: Un modelado difuso.

¹ Wendolyn Elizabeth Aguilar Salinas, ² Sara Ojeda Benítez, ³ Juan Ramón Castro Rodríguez,
¹ Samantha Eugenia Cruz Sotelo, ² Karla Garduño Palomino

¹ Facultad de Ingeniería e Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, Baja California, México, Blvd. Benito Juárez y Calle de la Normal S/N Insurgentes Este, Tel: 52(686)5664150, E-mail: aguilar.wendolyn@uabc.edu.mx

² Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, Baja California, México.

³ Facultad de Ingeniería y Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Baja California, Tijuana, Baja California, México.

Resumen

El estudio del comportamiento del consumidor no es una tarea fácil, ya que involucra una gran cantidad de factores que modifican su conducta. Al mismo tiempo agregarle la variable de protección al ambiente, hace la tarea a un más difícil. En este trabajo, se desarrolló un modelo difuso para explicar el comportamiento del consumidor, analizando la incertidumbre que se presenta cuando el consumidor realiza las tres etapas del proceso de compra. El proceso inicia con la pre-compra, donde surge la necesidad, hasta el posterior desecho de los residuos generados por los productos adquiridos, en la post-compra. Para el análisis de los datos, se utilizó un modelo jerárquico difuso, basado en la metodología ANFIS, un módulo por etapa manejada en el proceso de compra. Mostrando las variaciones que existen en la conducta de los consumidores, dependiendo de la etapa del proceso en la que se encuentre. Se validaron los resultados mediante una red neuronal con una correlación del 0.9236, los que muestra el buen ajuste de los datos al modelo.

Palabras Clave: *Comportamiento ambiental, inteligencia artificial, residuos sólidos.*

1. Introducción

Los cambios en los hábitos de compra de los consumidores y su actitud favorable hacia el medio ambiente, incentivan el desarrollo de estudios que identifiquen el comportamiento de los consumidores y su relación con el medio ambiente, que implique el desarrollo de estrategias y técnicas de protección medioambiental, mediante el control y reducción de los impactos de su actividad. Por lo que investigadores del comportamiento del consumidor tratan de explicar los patrones de conducta de los individuos en el proceso de decisión de compra, mediante la utilización de grupos de factores [1], afirmando que no es nada fácil comprender y conocer el comportamiento del consumidor, ya que los individuos no son coherentes con lo que dicen y lo que hacen, y que esto se debe a la reacción que tienen sobre la influencia de dichos factores [2], que dan origen a la generación de residuos, ya determinan la capacidad de compra de productos [3].

Por ello, se deben considerar todos los factores que influyen en su comportamiento, y que afectan los comportamientos ambientales que se vuelven causantes de la generación de residuos. Dentro de los cuales se analizaron: factores sociodemográficos, psicográficos, de información y conocimiento medioambiental, hábitos de consumo, prácticas proambientales y variables situacionales y ambientales, con la finalidad de evaluar el comportamiento del consumidor y su relación con el medio ambiente.



Para el análisis de la información se utilizó un modelo jerárquico difuso, para la inclusión de las tres etapas del proceso de compra. El desarrollo de cada módulo de esta jerarquía se encuentra basado en el modelo ANFIS. Este es un sistema neuro-difuso desarrollado por Jang [4]; con una estructura de red neuronal feed-forward, donde cada capa del sistema es un componente neuro-difuso. Este sistema simula reglas difusas TSK (Takasi-Sugeno-Kang) de tipo 3 donde las partes consecuentes de la regla es una combinación lineal de variables de entrada. Para el análisis de los datos e identificación de las variables de entrada se usó Microsoft Office Excel y Access 2007. Para el desarrollo del modelo difuso se utilizó la Fuzzy Logic Toolbox de MATLAB® R2009b.

2. Desarrollo

Mexicali, capital de Baja California, México (Figura 1), representa cerca del 18% de la superficie total del estado y 0.7% del país, esto es alrededor de 13,936 Km² con 936,826 habitantes en el 2010. En Mexicali, la generación diaria de residuos sólidos domiciliarios se encuentra entre 600-800 toneladas diarias aproximadamente, por lo que es indispensable conocer el tipo de individuos que generan tan excesiva cantidad de residuos.

Para determinar las variables a analizar, se tomaron como referencia los modelos utilizados por [5]-[7], quienes desarrollaron técnicas aplicables mediante el manejo del comportamiento del consumidor ecológico, así como otros modelos de comportamientos basados en las actitudes [8]-[10]. Para este estudio, se plantea como punto principal, el comportamiento del consumidor y su relación con el medio ambiente, mediante siete tipos de variables: sociodemográficas, psicográficas, de conocimiento medioambiental, hábitos de consumo y prácticas proambientales, así como los factores externos que modifican sus comportamientos, como pueden ser las variables situacionales y ambientales.

La investigación manejó una segmentación basada en la variable sociodemográfica, que es, el estrato socioeconómico (Tabla 1). Para ello se dividió a la ciudad en siete estratos socioeconómicos. Con el objetivo de obtener una muestra representativa de la población de la ciudad, se realizaron las 2831 encuestas mediante el procedimiento de muestreo aleatorio simple, con base en la detección de las colonias que corresponden a cada uno de los seis estratos y tomando a aquellas que representen homogéneamente al estrato.

Tabla 1. Número de viviendas a encuestar por estrato socioeconómico.

Estrato	Cantidad de Viviendas
Residencial	261
Medio	266
Popular	269
Interés Social	269
Popular Progresista	268
Precario	242
Granjas	225

Para incluir las tres etapas de compra en el modelo difuso, se usó un modelo jerárquico difuso (Figura 1) para las variables de entrada. El concepto de jerarquía es utilizado para construir sobre un



atributo, la descripción de las características que están basadas en ese atributo. La jerarquía de conceptos representa el dominio de los conocimientos con los que se cuenta. Por lo que en la relación difusa generalizada se puede considerar que las características deberán ser convertidas en reglas [11]. El desarrollo de cada módulo de esta jerarquía se encuentra basado en el modelo ANFIS, este es un sistema neuro-difuso desarrollado por Jang; tiene una estructura de red neuronal feed-forward, donde cada capa del sistema es un componente neuro-difuso. Este sistema simula reglas difusas TSK (Takasi-Sugeno-Kang) de tipo 3 donde las partes consecuentes de la regla es una combinación lineal de variables de entrada.

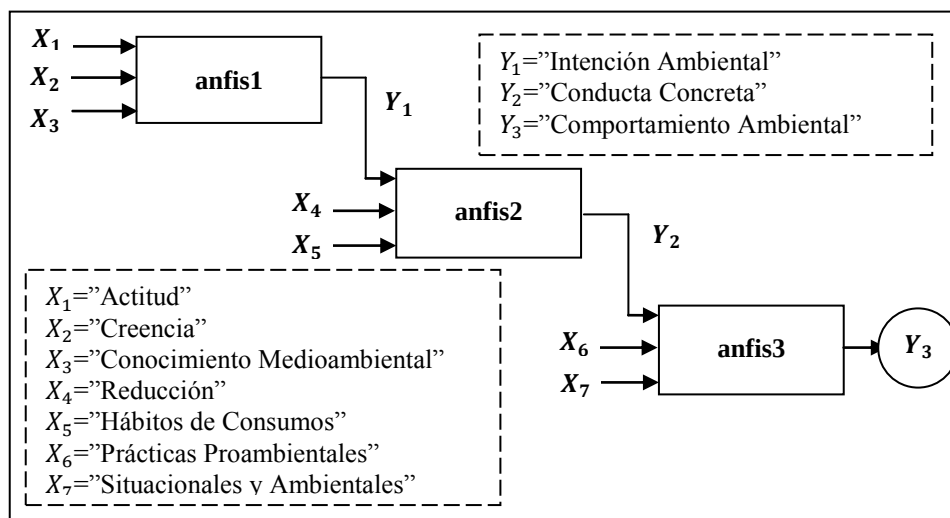


Figura 1. Modelo Jerárquico Difuso.

3. Resultados

Dentro del análisis del instrumento, se encontró que la mayor parte de la población no se muestra ignorante con lo que respecta al conocimiento de productos contaminantes, así como al desarrollo de actitudes y actividades que permitan mejorar su entorno. Los niveles manejados en esta investigación son Positivo, Realista, Indiferente, Pasivo y Negativo, tomando valores de 1 a 5 respectivamente para cada factor, y que serán de ayuda para la valorización de cada uno de los factores que serán estudiados.

Para el análisis de la información se utilizó el programa MATLAB 7.9 integrando la lógica difusa en el procedimiento, mediante las técnicas de Sugeno.

3.1. Pre-Compra

El grado de Intención ambiental de la población, se explica a través de un modelo difuso, en el que se utilizaron como variables de entrada, los factores: actitud, creencia y conocimiento medioambiental. La salida del modelo mostró una variabilidad entre 1 y 4, indicando la ausencia de intenciones negativas para el desarrollo de comportamientos ambientales. Al analizar cada una de las variables de entrada, se observó, como la tendencia de cada uno de los factores es distinta, lo que indica que la intención de llevar un comportamiento protector del medio ambiente, mediante actitudes y creencias positivas sobre la realización de prácticas proambientales, de la reducción de la contaminación por medio de la generación de residuos en los hogares, y del conocimiento medioambiental, son factores que varían dependiendo del contexto en el que se encuentre el objeto de estudio. Se observó como la actitud en su tendencia por la formación de una Intención



Ambiental, al aumentar en forma negativa, la intención ambiental aumenta pero positivamente. Se identificó que las creencias tienen una tendencia muy similar a la intención, si aumenta la creencia, aumenta la intención y viceversa. Y que el conocimiento medioambiental forma una distribución gaussiana, donde los valores medios se encuentran en un rango de realista a indiferente. Cabe aclarar que la población estudiada, únicamente se encuentra en rangos positivos de intención, lo que significa que están proclives a desarrollar un comportamiento ambiental.

Como resultado de esta variabilidad, se ha encontrado que la población en Mexicali se encuentra con los siguientes porcentajes Intención Ambiental (Tabla 1). En la que se muestra que la población de Mexicali, si está consciente del daño que como consumidores le ocasionan al medio ambiente, y de que es necesario hacer algo para aminorar el impacto que tienen los residuos que generan.

Tabla 1. Porcentajes relacionados al grado de Intención Ambiental.

Grado de intención ambiental	Porcentaje
Total	4.44%
Existente	53.33%
Indiferente	40%
Pasiva	2.22%
Ausente	0%

3.2. Compra

Una conducta concreta en el consumidor, está ligado a la generación de tres tipos de acciones que éste debe realizar; la primera acción, abarca todo lo realizado por la conciencia del individuo, que lo motiva a desarrollar acciones para la protección del medio ambiente; la segunda acción, es el desarrollo de hábitos de consumo que le permitan realizar una compra ecológica, considerando todos los aspectos que esto conlleva; y la tercera acción, lleva al consumidor a generar reducción en el consumo de los productos que causan mayor impacto en el medio ambiente o que simplemente son innecesarios.

Para determinar las conductas de esta población, fue necesario de la elaboración de un modelo difuso mediante la técnica de Sugeno, que tuviera como entradas, la intención ambiental generada en la etapa de pre-compra, y las variables involucradas en la etapa de compra que pueden modificar su comportamiento, como lo son: la práctica de reducción en el consumo y los hábitos de consumo. En este modelo, se pudo observar que el contar con una intención positiva a la realización de comportamientos ambientales, promueve una conducta positiva. Una cosa importante es que la población que marca tener un nivel de pasividad, al no contar con intenciones por el cuidado del medio ambiente, puede llegar a desarrollar comportamientos de protección y cuidado al momento de la compra. Por lo que, dicho comportamiento puede ser modificado por otros factores, al realizar el acto de compra. Como resultado de esta variabilidad, se ha encontrado que la población en Mexicali se encuentra con los siguientes porcentajes Conducta Concreta (Tabla 2).

Lo que indica que la población de Mexicali ha cambiado su comportamiento en la etapa de compra, abarcando mayores niveles de indiferencia sobre la conservación del medio ambiente, en las que las conductas preocupadas por la protección del medio ambiente han sido olvidadas, para encontrar conductas menos protectoras hasta indiferentes en el proceso.



Tabla 2. Porcentajes relacionados al grado de la conducta ambiental desarrollada.

Grado de conducta concreta	Porcentaje
Total	0%
Existente	34.78%
Indiferente	45.65%
Pasiva	19.57%
Ausente	0%

3.3. Post-Compra

Para determinar el nivel correspondiente de cada individuo en el desarrollo de un comportamiento ambiental, se definió un modelo difuso para la generación de la conducta de las variables involucradas, ya sea en su forma individual o grupal. Las variables de entrada utilizadas para la generación de comportamientos ambientales son: conducta concreta, prácticas proambientales de reuso y reciclaje y los factores situacionales y ambientales. Mostrando que el comportamiento del consumidor no alcanza el nivel positivo de realización para la población estudiada, encontrándose en un rango del 2 al 5. Si se analizan las variables de entrada en el modelo difuso, se puede encontrar que la conducta concreta sigue una tendencia de indiferencia, para la generación de estos comportamientos. A diferencia, en el caso de las prácticas proambientales, se puede decir que mientras estas se desarrollen, el comportamiento ambiental del consumidor tiende a ser positivo, y negativo en caso contrario. Sin embargo, llega a alcanzar el valor máximo de realización, cuando el individuo no realiza práctica proambiental alguna, debido al comportamiento de otras variables, como: una buena conducta de compra, procurando la compra de productos innecesarios y evitando así, la generación excesiva de residuos. Con respecto a la variable que abarca los factores situacionales y ambientales, se observó que para la población de Mexicali, estos son indiferentes, ya que no son considerados importantes, o simplemente neutrales para la generación de comportamientos ambientales.

En la etapa de post-compra, se pudo observar el nivel más bajo de comportamiento ambiental. Al generar la intención ambiental en la etapa de pre-compra, se alcanzó como menor nivel el pasivo y con apenas un 6% de concepción. En la tabla 3, se observa como el comportamiento ambiental del consumidor, ya no alcanza el nivel más alto de realización, y a su vez, aparece el nivel negativo con un 6.52%.

Tabla 3. Porcentajes relacionados al grado del comportamiento del consumidor.

Grado de comportamiento	Porcentaje
Total	0%
Existente	21.74%
Indiferente	26.09%
Pasiva	45.65%



Ausente	6.52%

4. Conclusiones

En esta investigación se han manifestado las características principales para el análisis de comportamientos proambientales en los consumidores, a partir de un grupo de variables que influyen en la generación de estos comportamientos en las tres etapas del proceso de compra (pre-compra, compra y post-compra). Generando una estructura de análisis, para conocer los patrones de comportamiento de los consumidores y las características o factores que influyen en éste. Cada variable o factor mencionado constituye una parte esencial para reconstruir el comportamiento de un consumidor con relación al medio ambiente que lo rodea y de esta manera establecer los comportamientos que describan la forma y relación que existe entre el consumidor y el medio ambiente. Es por eso, que se analizó cada uno de los aspectos antes mencionados, y como estos influyen directa o indirectamente en que el consumidor tenga un comportamiento proambiental.

El punto principal de esta investigación fue el manejo de la alta incertidumbre que se encuentra al manejar variables de tipo lingüístico y la connotación dada por el consumidor a un consumo ecológico. Aplicando la metodología ANFIS al objeto de estudio, se generaron reglas para la analizar las variables de entrada, con respecto a la variable de salida, permitiendo la selección de un número óptimo de datos de entrenamiento para la construcción del modelo, que permitan posteriormente generar los patrones de comportamiento que identifiquen claramente las variables que influyen en la protección del medio ambiente por parte de los consumidores, desarrollando un consumo responsable. Se comprobó mediante una buena correlación, el ajuste encontrado en la aplicación del modelo jerárquico difuso con la metodología ANFIS para las variables de entrada relacionadas con la generación de un comportamiento protector del ambiente.

5. Referencias Bibliográficas

- [1] Fraj, E., “Las variantes demográficas y socioeconómicas como determinantes del comportamiento de reciclaje: Su importancia sobre la gestión de residuos sólidos”, *Revista de gestión pública y privada*, Núm. 8, 2003, pp. 103-118.
- [2] Kotler, P., Keller, K. L. *Dirección de Marketing*, Duodécima Edición, 2006, Prentice-Hall Editores, México. 816 págs.
- [3] Buenrostro, O., Bocco, G., y Bernache, G., “Urban solid waste generation and disposal in Mexico. A case study”. *Waste Management & Research*. Vol.19, 2001, pp. 169-176.
- [4] Jang, J. S. “ANFIS: Adaptive-network-based fuzzy inference system”. *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics*, Vol. 23, 1993, pp. 665–685.
- [5] Wier, M., Block, C., Jensen, J., Pedersen, O., Keiding, H., y Munksgaard, J., “Evaluating Sustainability of Household Consumption - using DEA to Measure Eco-efficiency and Assess Environmental Performance”, *Economic Systems Research*, Vol. 17, 2005, pp. 425-448.
- [6] Barr, S., Gilg, A., & Ford, N., “Defining the multi-dimensional aspects of household waste management : A study of reported behavior in Devon”. *Conservation And Recycling*, Vol. 45, 2005, pp. 172-192.
- [7] Bigné, J., “El consumidor verde: bases de un modelo de comportamiento”, *ESIC MARKET*, Abril-Junio, 1997, pp. 29-43.
- [8] Katz, D., Stotland, E., “A preliminar statement to a theory of attitudes structure and change”, en S. KOCH, *Psichology: A study of a Science*, Vol. 13, 1959, McGraw-Hill, New York.



[9] Azjen, I., Fishbein, M., "Understanding attitudes an predicting social behavior", 1980, Prentice Hall, Englewood Cliff, NJ.

[10] Schifter, D., Azjen, L., "Intention, perceived control, and weight loss: An applications of the theory of planned behavior", Journal of personality and social psychology, Vol. 6, 1985, pp. 649-744.

[11] Petry, F. E., & Zhao, L., "Data mining by attribute generalization with fuzzy hierarchies in fuzzy databases". *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 160(15), 2009, pp. 2206-2223.



La participación de la sociedad en la solución del problema de la basura.

M. en C. Alan Ulises Beristain Aguilar

Tacubaya #15 Mz. 48 Lote 8, Col. Metropolitana 3a Sección. Municipio de Nezahualcóyotl, Edo. México.
Código Postal: 57750. Tel: 57931899. Correo electrónico: ulisesber@yahoo.com.mx
Asociación Civil Casa del Pueblo Francisco Ornelas Gutiérrez A.C.

Resumen

El problema de la basura es un problema que nos afecta a todos y todos debemos contribuir a su solución, en la Casa del Pueblo Francisco Ornelas Gutierrez A. C., trabajamos para concientizar a la gente acerca de la importancia de reducir los residuos sólidos que se generan, primero lo hicimos en nuestras casas, con nuestras familias, después, entre los vecinos, compañeros de escuela, en el trabajo, y público en general. Actualmente estamos realizando la concientización de todos los miembros y la gente que asiste a la Casa, durante los primeros once meses se han separado los residuos orgánicos e inorgánicos, y se ha reducido en un 30% la cantidad de residuos sólidos que se generan en la Casa del Pueblo.

Palabras clave: Ciudadanos, concientizar, vínculos.

1.- Introducción

En todo el mundo la “basura” es un grave problema, los diversos programas y acciones que han implementado los gobiernos son insuficientes, tanto por la falta de recursos como por la velocidad con que esta se genera [1], aunado a esto, el estilo de vida de la sociedad “actual” genera grandes cantidades de residuos sólidos, principalmente envolturas y envases. Lo anterior aparece todos los días en las noticias, pareciera una situación lejana a nosotros, algo que ocurre en un lugar alejado, pero en nuestras casas, escuelas y lugares de trabajo, generamos residuos ahí inicia el problema y también ahí, con la participación de cada uno inicia la solución [2], [3].

Primero nos hemos sensibilizados nosotros mismos, no se requiere mucho conocimiento técnico, no maquinaria especializada, pero si la voluntad para participar activamente en la solución, en años anteriores trabajamos con tres familias [3], logrando que redujeran los residuos sólidos que generaban y también que separaran los residuos orgánicos e inorgánicos, con los residuos orgánicos se elaboró composta, que a su vez se utilizó como sustrato y fertilizante para cultivar alimentos orgánicos Figura 1. En esta segunda etapa se trabaja con todos los miembros de la Asociación Civil Casa del Pueblo Francisco Ornelas Gutierrez A. C. y sus familias, así como con la gente que asiste a la Casa del Pueblo, informándoles y sensibilizándolos de la importancia de su participación para reducir los residuos que se generan, su adecuado manejo y disposición Figura 2.



Figura 1. En las fotos se muestra parte del trabajo realizado en años anteriores (Izquierda) separación de residuos en orgánicos e inorgánicos, (Centro) elaboración de composta, (Derecha) verduras cultivadas utilizando composta.

Planteamiento del problema. Parece algo muy simple, hablar con la gente e informarles de las consecuencias negativas de generar residuos sólidos y la forma en que se pueden disminuir estos residuos y darles un adecuado manejo, pero no lo es, es muy complejo y difícil sensibilizar a la gente de este problema y aun mas el de lograr que participen.

Objetivos generales y específicos. Contribuir a disminuir la generación de residuos sólidos y a la solución del problema de la basura.

A.- Informar a la gente, acerca de la importancia y de la forma en que puede reducir los residuos sólidos y darles un adecuado manejo.

B.- Sensibilizar a la gente, acerca de la importancia de su participación en la solución de este problema.

C.- Lograr la participación de la gente, en la reducción de la generación de residuos sólidos, en la separación de residuos orgánicos e inorgánicos y en el adecuado manejo de esos residuos.

3. Desarrollo

Durante los primeros dos meses, se informó mediante pláticas, talleres, carteles y folletos, a aproximadamente 100 personas, primero a los miembros de la Casa del Pueblo, y ellos a sus vez, a sus familias y a la gente que asistió a la Casa del Pueblo a recibir alguno de los servicios o actividades que en ella se realizan, acerca de la problemática de la basura a nivel mundial y local, la importancia de reducir y separar los residuos que se generan, y como cada uno puede contribuir a solucionar este problema Figura 2.

Posteriormente mediante pláticas y talleres, nos enfocamos en la sensibilización de la gente, recordándoles la información que se les dio acerca de la importancia de reducir los residuos sólidos que generan, en algunos casos como si se les estuviera enseñando a pintar o tocar un instrumento, indicando cual es la forma correcta de separar y disponer los residuos cuando esto no se realizaba. Esta etapa no ha sido fácil, solo por mencionar un ejemplo, la mayoría de la gente esta acostumbrada a tirar residuos orgánicos e inorgánicos en un mismo bote,[4] y aun despues de haber recibido la información y capacitación, algunas veces continuan con esta práctica, y es en esos casos, cuando nos dimos cuenta de ello, reiteramos la importancia de separar los residuos adecuadamente.

Actualmente estamos informando a los vecinos e invitándolos a que participen, tambien estamos vinculandonos con otros grupos de personas, con instituciones públicas y privadas, que compartan



nuestro interés en reducir la cantidad de residuos sólidos y darles el adecuado manejo, y cooperar mutuamente en la solución del problema.



Figura 2. En las fotos se muestra uno de los eventos realizados en la Casa del Pueblo, para informar y concientizar a la gente de la importancia de reducir y dar una adecuada disposición a los residuos sólidos.

4. Resultados y discusión

Durante los primeros once meses en la Casa del Pueblo Francisco Ornelas Gutierrez A. C., se han logrado los siguientes resultados:

- A.- Se han impartido 5 pláticas y 3 talleres a los integrantes, sus familias y la gente que asiste regularmente a la Casa del Pueblo.
- B.- Se han repartido 200 volantes y pegado 10 carteles.
- C.- Continuamos concientizando a todos los miembros y la gente que asiste a la Casa del Pueblo.
- D.- En la Casa del Pueblo se separa 90%, de los residuos orgánicos e inorgánicos.
- E.- Se ha reducido en un 30% la cantidad de residuos sólidos que se generan.

Después de realizar diversas actividades para informar y concientizar a la gente de la importancia de reducir y disponer adecuadamente los residuos sólidos, teniendo cuidado de generar durante el proceso, la menor cantidad de residuos y desgaste para el planeta, por ejemplo los carteles se ubicaron estratégicamente y se reutilizaron varias veces, y los volantes fueron entregados a personas o grupos de personas las cuales previamente habían escuchado una breve plática referente al tema, la actividad a la cual nos hemos dedicado más, es a la de informar y concientizar a la gente, esta actividad es constante, cada vez que observamos una mala disposición de residuos se recordó y se continua recordando, de forma amable y mas que evidenciando un error.

Con el objetivo de implementar una cultura y evitar que se repita, en ocasiones la gente nos comentaba que habían mezclado residuos orgánicos e inorgánicos por descuido o falta de atención, o por costumbre, incluso en algunas ocasiones a pesar de darse cuenta de su error, les daba flojera sacar el residuo del bote en el que se encontraba mal colocado y colocarlo en el bote correspondiente, este tipo de descuidos es muy frecuente, incluso en nuestras familias ocurre. Al respecto consideramos que la formación referente a la generación y adecuada disposición de los residuos sólidos, debe darse desde la infancia, a la par de la formación escolar, de forma similar cómo cuando nos enseñan a tomar los cubiertos para comer.



4. Conclusiones

Es necesario reiterar varias veces, a las personas, la importancia y la forma adecuada de reducir y disponer de los residuos sólidos.

Más que implementar programas que informen una vez o superficialmente a amplios sectores de la población, sería conveniente implementar programas permanentes que informen, concienticen y promuevan continuamente la participación de las personas, iniciando en algunas colonias, escuelas o con grupos de personas interesados en participar, y ampliar el programa conforme los recursos lo permitan, sin dejar de atender a los primeros participantes.

Es muy diferente informar a la población y concientizar a la población, lo segundo es más difícil, pero más difícil es lograr su participación permanente, esto último requiere mucho esfuerzo y recursos, pero es lo que realmente ayudará a solucionar el problema de la “basura”.

Hace falta que el sector gubernamental y privado apoye propuestas ciudadanas para promover entre sus miembros la concientización y participación en la solución de este problema.

5. Referencias bibliográficas

- [1] Penido Monteiro José Enrique, Mansur Gilson Leite, Segala Karin. 2006. Manual de Gestión Integrada de Residuos Sólidos Municipales en Ciudades de América Latina y del Caribe. Instituto Brasileño de Administración Municipal. Brasil. http://www.ibam.org.br/media/arquivos/estudos/girs_esp.pdf
- [2] Iris Alegre Silvia 2007. La importancia de la participación ciudadana a través de la educación ambiental para la mitigación del cambio climático a nivel local. Revista Desarrollo Local Sostenible. Vol. 3 No. 7. Argentina.
- [3] Beristain Aguilar Alan Ulises. 2011. La Familia, factor clave para la reducción de los desechos orgánicos. 4° Encuentro Nacional de Expertos en Residuos Sólidos. UAM. Distrito Federal.
- [4] Inventario de Residuos Sólidos del Distrito Federal. 2010. Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Federal (SMA-D.F.) México Distrito Federal.



La pepena una actividad de la economía informal con tradición familiar

^{1,2}Samantha E. Cruz Sotelo, ²Sara Ojeda Benítez, ²Hugo Favela Ávila, ²Karla Garduño Palomino y ^{1,2}Wendolyn E. Aguilar Salinas, ³Jorge M Jáuregui Sesma

¹ Facultad de Ingeniería, UABC ² Instituto de Ingeniería, UABC y ³ Centro de Enseñanza Técnica y Superior CETYS-Universidad)

samantha.cruz@uabc.edu.mx, sara.ojeda.benitez@uabc.edu.mx

Resumen

Los pepenadores o trabajadores de la basura, forman parte de un sector de la población que vive de los materiales que segregan en los sitios disposición final. Este grupo que pertenece a la economía informal y participa en la cadena de recuperación de los residuos sólidos como una actividad que en algunos casos ha sido heredada de padres a hijos por una o más generaciones. En este trabajo se presentan los resultados de una investigación que se realizó en el relleno sanitario en Mexicali. Uno de los propósitos fue realizar una radiografía de los pepenadores y la actividad que realizan en este lugar e identificar las redes familiares asociadas a esta profesión. Para realizar el estudio se diseñó un instrumento que fue aplicado a 178 pepenadores. Los resultados muestran, que las redes familiares están presentes en la actividad que realizan El 36% de los pepenadores tiene un miembro de su familia trabajando en el relleno sanitario como pepenador y el 34% dos miembros y el 4% son cuatro miembros de la familia que trabajan en el relleno.

Palabras Clave: *Recuperación de residuos, pepenador, segregación informal, red familiar*

1. Introducción

La sociedad del siglo XXI ha desarrollado un modelo económico con alto consumo de bienes, por lo que el resultado es la producción de desechos que ocasionan impacto negativo al ambiente. Esta problemática exige el desarrollo de estrategias que permitan su manejo, entre ellas está el reciclaje. Esta alternativa se practica países subdesarrollados, como una forma de trabajo realizada por personas que en su mayoría se encuentran en el nivel informal de la economía [1], y ven en los residuos una fuente de ingreso y subsistencia [2].

Los pepenadores son por lo general personas que potencialmente les es difícil tener un empleo en la economía formal, por lo que se ganan la vida recolectando todo tipo de materiales para su reutilización o reciclaje [3], este grupo recibe diferentes nombres según el lugar donde trabajan, de los materiales que recogen y del idioma local y del país en el que realizan la actividad, en México se les conoce comúnmente como pepenadores, y cartoneros; en Colombia basurieros, traperos y chatarrereros; en Ecuador chamberos en Costa Rica buzos; en Argentina cirujas, en Brasil catadores y tiradores [4], [5] [6] y [7].

Una característica importante de este grupo es que forman el primer eslabón, en el circuito de recuperación de los residuos sólidos urbanos, esta tarea la realizan tanto en las calles como en los basureros. Los pepenadores son un grupo de personas de diversas edades que trabajan en la basura y viven de ella como principal medio de ingreso. Como parte de las redes de la basura conforman un grupo específico constituido por hombres y mujeres que deciden trabajar recolectando material



reciclable directamente de la basura, porque esta actividad representa mejores ingresos que los ofrecidos en trabajo del sector formal o simplemente porque es la única oportunidad que tienen de generar ingresos.

2. Desarrollo

La investigación se realizó en el relleno sanitario en la ciudad de Mexicali, durante los meses de noviembre y diciembre del 2011, se trabajó con los pepenadores que realizan su trabajo de segregación de residuos en el relleno sanitario de la ciudad. El trabajo de segregación en Mexicali, es realizado por este grupo, el cual está integrado por 382 personas, 217 pertenecen a la CTM, de estos 170 están afiliados con todos los derechos y 47 que son sólo de apoyo y deben ganarse un lugar entre los sindicalizados. El otro grupo, se les conoce con el nombre de los libres, son 165 pepenadores agrupados bajo el liderazgo de José Luis Ramírez.

Para realizar la investigación se diseñó un instrumento que se dividió en apartados, en total se aplicaron 178 encuestas, el 55% fue a sindicalizados y el resto al grupo de los libres. La selección de los sujetos se realizó tomando como criterio que estuvieran dispuestos a dedicar un tiempo de 10 a 15 minutos para responder la encuesta.

3. Resultados

3.1. Perfil sociodemográfico de los pepenadores en Mexicali

La población de pepenadores que realizan sus actividades de segregación en el sitio de disposición final de esta ciudad, está conformada mayormente por hombres que representan el 67% de los pepenadores y el resto son mujeres. Con relación a la edad mínima permitida para ingresar a trabajar en el relleno como pepenador es de 17 años, los niños no pueden trabajar en el sitio. Con relación a las edades de los pepenadores, el 18% están entre los 23 y 27 años, el 14% se ubica entre 33 y 37 años. La edad promedio de los pepenadores es 35.5 años

El número de miembros que componen las familias de los pepenadores, se encontró que el 41% pertenece a una familia integrada por 3 y 4 miembros, el 9% son más de cinco miembros, el 11% son dos miembros los que integran sus familias Figura 1.

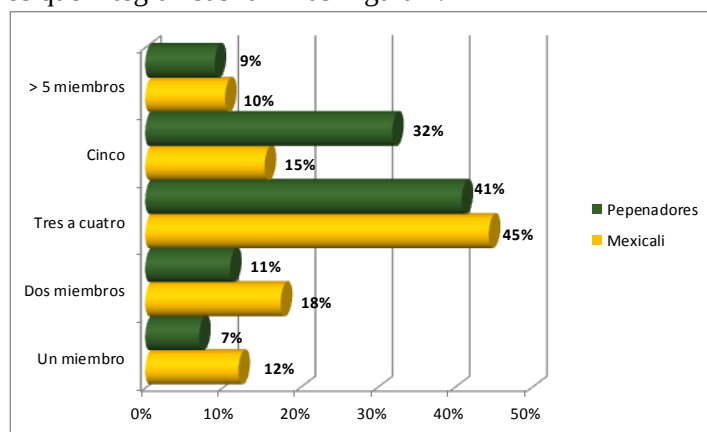


Figura 1. Número de miembros que componen la familia del pepenador y la familia mexicalense

El tamaño promedio de los hogares de los pepenadores es de 4.3 miembros, mientras que en Mexicali es de 3.5 y en el estado de Baja California es 3.6. El 36% de los pepenadores tiene un



miembro de su familia trabajando en el relleno sanitario como pepenador y el 34% son dos miembros los que trabajan en la pepena, el 4% son cuatro miembros de la familia que trabajan en el relleno y el 16% no tienen ningún pariente trabajando en el mismo lugar que ellos.

Con relación a la escolaridad el mayor porcentaje de los pepenadores sólo han recibido educación básica y un porcentaje alto de éstos están en las categorías de estudios incompletos; sólo el 27% concluyó la secundaria y el 17% la primaria, el 14% y el 20% no concluyeron la secundaria y primaria respectivamente; el 11% no tiene estudios, de éstos el 8% realiza operaciones básicas y el 2% no sabe leer ni escribir, de este grupo que no tienen estudios el mayor porcentaje corresponden a los hombres. Sin embargo en niveles de escolaridad son los hombres los que tiene más estudios, el 8% cursó hasta preparatoria y el 1% es técnico.

3.2. Condiciones laborales y red familiar

En esta sección se incluirán los datos que se refieren a la antigüedad en la actividad, la experiencia en otros basureros, el número de miembros de la familia que se dedican a la misma actividad. Los motivos que tienen para dedicarse a esta actividad así como la jornada de trabajo. Con relación a la antigüedad en la actividad de la pepena varía desde días de antigüedad hasta más de 30 años. En la figura 2 se observa que el mayor porcentaje se ubica en el periodo menor a un año, el 28% corresponde a los sindicalizados y el 25% a los libres. Le sigue el rango de dos a tres años de antigüedad, el 20% son sindicalizados y el 16% a los libres. En ambos grupos el 3% tiene más de 30 años en la actividad.

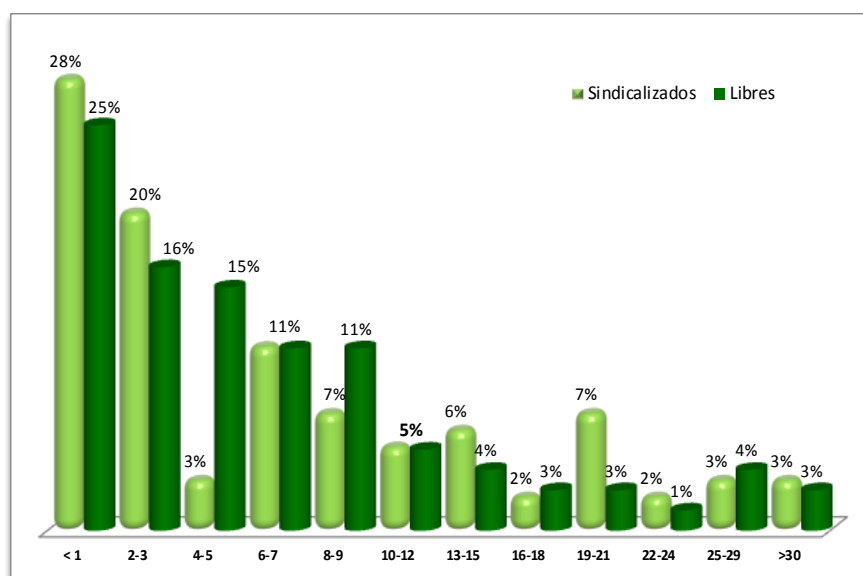


Figura 2. Tiempo de dedicarse a la pepena

En la Tabla 1 se muestra la trayectoria en la pepena por grupo, el 52% de los sindicalizados y el 42% de los libres trabajó en otro basurero y el 78% de los pepenadores sindicalizados tiene otro familiar realizando la misma actividad, en los libres el 64% tiene otro familiar en la pepena.

Tabla 1. Trayectoria en la pepena

Grupo	Trabajó en otro basurero		Otro familiar en la pepena	
	Si	No	Si	No
Sindicalizados	52%	48%	78%	22%



Libres	42%	58%	64%	36%

En la figura 3 se presentan los lazos familiares que existen entre los pepenadores que se dedican a la segregación de residuos en el relleno sanitario, de este grupo el 18% de los sindicalizados y el 13% de los libres es el esposo de la pepenadora y el 14% de los sindicalizados y 10% de los libres es la esposa el familiar que labora en el sitio. Los otros miembros de la familia que pepenan son hijos (17% sindicalizados y 18% de los libres), hermanos (11% sindicalizados y 25% libres).

La red familiar en el grupo de los libres está conformada en un mayor porcentaje por hermanos (25%), en cambio en los sindicalizados la red se extiende a otros familiares, en este concepto están integrados sobrinos (as), cuñados(a), tíos, suegros (as) y concuños. Es importante destacar que en algunos casos los miembros de la red familiar no siempre pertenecen al mismo grupo.

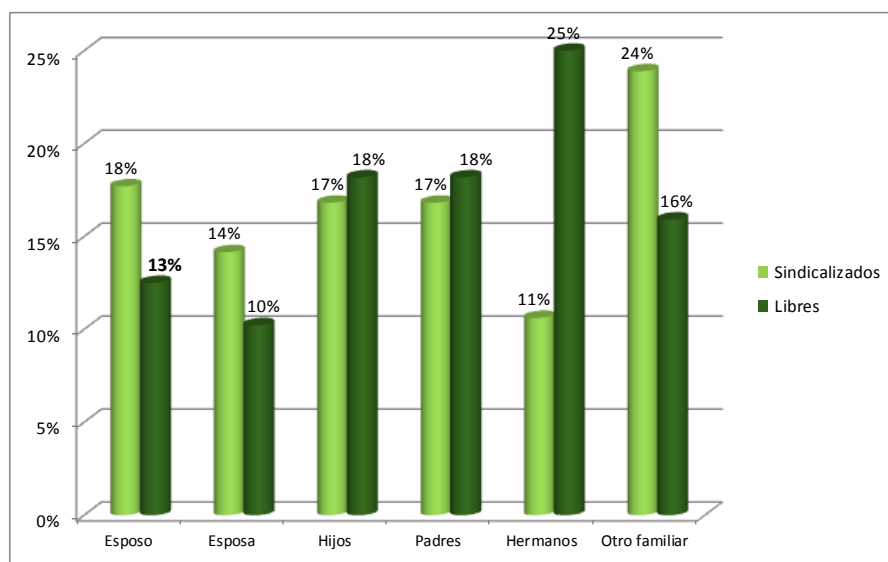


Figura 3. Red familiar de los pepenadores que trabajan en el relleno

Otra variable incluida fue analizar porque este sector de la sociedad se dedica a esta actividad, por ello se les preguntó porque decidieron trabajar en la pepena. El grupo de los sindicalizados dice que les gusta (41%) y que no tienen patrón (16%). El grupo de los libres también los porcentajes varían, el 49% se dedica a esta actividad por que les gusta, y el 36% porque no tiene patrón.

La jornada de trabajo de los pepenadores varía desde menos de seis horas hasta más de 12 horas, en promedio trabajan 8 horas diarias (el 29% sindicalizados y 32% de libres), el 19% en ambos grupos trabaja más de 12 horas. Las jornadas de trabajos se comportan de manera muy similar en ambos grupos, el cambio se presenta en la jornada de 10 horas (18% de los sindicalizados y 9% de los libres).

En la Figura 4 se presenta el ingreso de los pepenadores por edades y número de salarios mínimos. Se observa que no existe un comportamiento que pueda relacionar la edad con el ingreso, sin embargo sí se visualiza que los pepenadores que están entre los rangos de 30 a 38 años y entre 20 y 22 años son los que tienen ingresos más altos.

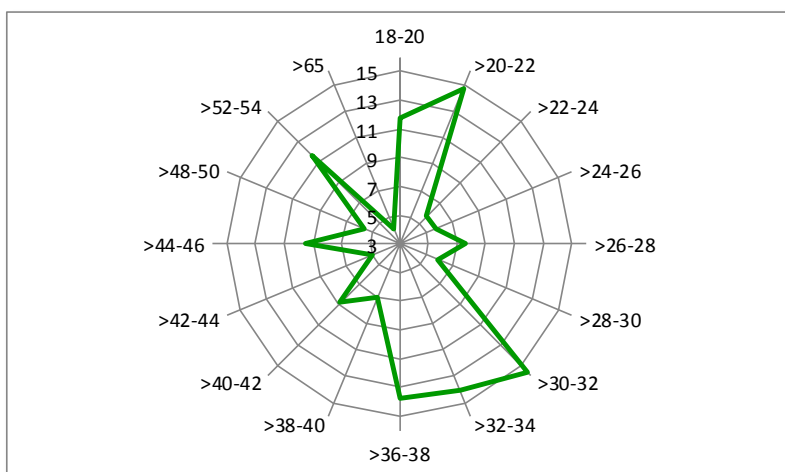


Figura 4 Ingreso del pepenador en salarios mínimos diarios por edades

El 88% de los sindicalizados y el 91% de los libres les gusta el trabajo que realizan como pepenadores, en la figura 5 se presentan las razones que dieron. El 38% de los sindicalizados y el 41 % de los libres realizan la actividad porque ganan dinero y dicen que es suficiente; el 47% de los libres les gusta este trabajo porque no tienen patrón.

El 15% de los libres les gusta porque tienen un horario flexible, pueden trabajar los días y las horas que ellos quieren o necesitan, se ajusta a sus necesidades y a las necesidades de la familia. El 6% de los sindicalizados dicen que les gusta porque es un trabajo que realizan con facilidad y el 6% disfrutan el trabajo porque nadie los presiona, trabajan al ritmo que ellos pueden.

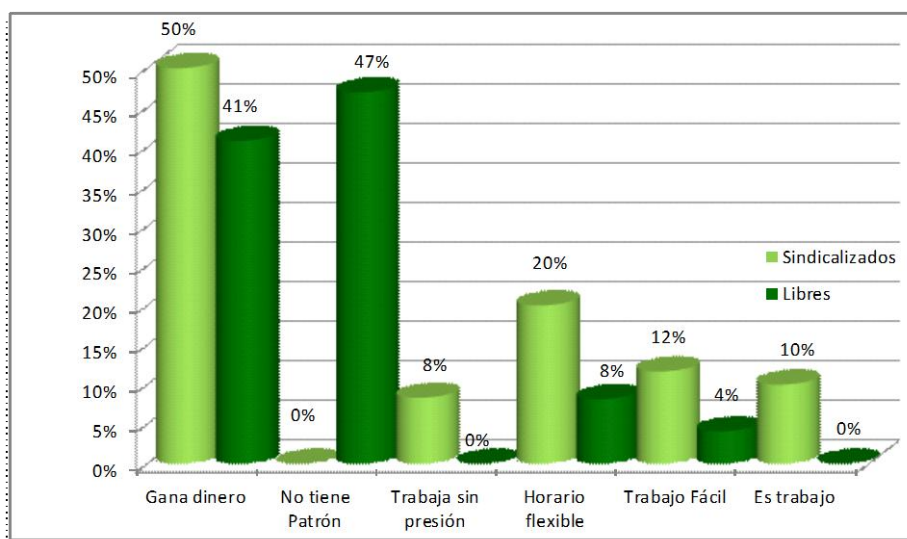


Figura 5. Razones por las que a los pepenadores les gusta el trabajo

4. Conclusiones

Es evidente que una proporción alta de los pepenadores realizan esa actividad porque reciben un ingreso suficiente y mayor al que obtendrían trabajando en una fábrica o en otro lugar



principalmente porque el nivel educativo que tienen es bajo y no tienen muchas oportunidades. Aunado a lo anterior se encuentra el hecho que se sienten libres, porque no tienen un patrón ni un horario para realizar su actividad. Un porcentaje muy alto de los pepenadores realiza esta actividad porque les gusta, sin embargo aspiran a tener mejor condiciones de vida sin perder lo característico de su actividad económica informal.

Una parte del grupo de los pepenadores perciben su actividad como una tradición familiar y visualizan que es una actividad que deja dinero sin mucho compromiso, esto ha provocado que haya redes familiares muy fuertes, aunque necesariamente no significa que pertenezcan al mismo grupo, es decir hay miembros que pertenecen al sindicato y otros al grupo de los libres. También existe otro grupo de pepenadores jóvenes y que pertenecen a los libres, éstos tienen pocos años trabajando en la pepena, tienen hijos pequeños y no desean que sus hijos sigan en su profesión, esperan tener mejores oportunidades para que sus hijos estudien.

Referencias Bibliográficas

- [1] Asim, S. Batool, A y Chaudhry, M. N. "Scavengers and their role in the recycling of waste in Southwestern Lahore," *Resources, Conservation and Recycling*, 2012 vol. 58, pp. 152-162,
- [2] Oguntoyinbo, O. O. "Informal waste management system in Nigeria and barriers to an inclusive modern waste management system: A review.," *Public health*, 2012 126(5), 441-447.
- [3] Besiou, M Georgiadis, P. y Van Wassenhove, L. N. "Official recycling and scavengers: Symbiotic or conflicting?," *European Journal of Operational Research*, 2012 vol. 218, no. 2, pp. 563-576,
- [4] Medina, M.. Scavenger cooperatives in Asia and Latin America. *Resources, Conservation and Recycling* 2000 31, 51-69.
- [5] Medina, M., Dows, M, Short history of scavenging. *Comparative Civilizations Review*, 2000. 42. 23-45
- [6] Do Carmo, M. S., & Puppim de Oliveira, J. A. The Semantics of Garbage and the organization of the recyclers: Implementation challenges for establishing recycling cooperatives in the city of Rio de Janeiro, Brazil. *Resources, Conservation and Recycling*, 2010. 54(12), 1261-1268.
- [7] Wilson, D.C. Velis, C. Cheeseman C. Role of informal sector recycling in waste management in developing countries. *Habitat International*. 2006 30 (4) pp 797-808



Cadena de comercialización en la recuperación de materiales reciclables en México: un caso de estudio

Favela Ávila Hugo¹, Ojeda Benítez Sara², Cruz Sotelo Samantha E.¹, Garduño Palomino Karla¹,
Aguilar Salinas Wendolyn E.¹

¹Estudiante del Programa Maestría y Doctorado en Ciencias e Ingeniería.

²Investigadora del Instituto de Ingeniería.

Blvd. Benito Juárez y calle de la Normal S/N, Col. Insurgentes Este, C.P. 21280 Mexicali, Baja California, México.
Teléfono: (686) 5664150, hugo.favela@uabc.edu.mx. Universidad Autónoma de Baja California

Resumen

La recuperación de materiales reciclables provenientes de la corriente de residuos domésticos generados en comunidades de México, se ha llevado a cabo tradicionalmente por personas conocidas como “pepenadores” pertenecientes al sector informal (SI). Este sector provee de materiales reciclables con valor en el mercado, como materias primas a un sector formal (SF) desarrollando un sistema de comercio de residuos. La parte comercial responde a oportunidades de negocio motivados por la economía de crecimiento, centrado en el capital de inversión. El SI es flexible ofreciendo un mercado abierto enfocándose simplemente a la satisfacción de necesidad de los grupos que lo conforman. En este trabajo se muestra la cadena de comercio de los materiales reciclables recuperados en Mexicali B. C., ciudad fronteriza donde ha crecido un interés en la comercialización de reciclables y donde el trabajo del SI en esta actividad ha sido esencial en los sitios de disposición final y en comunidades, dando sustento económico a familias dedicadas a esta actividad de recuperación, generando un impacto positivo al medio ambiente. Así también la importancia en las actividades desarrolladas de cada eslabón de la cadena comercial que incluye desde la extracción de materias primas, producción, consumo, generación y manejo de residuos en las cuales se identifican problemas ambientales y fenómenos sociales.

Palabras Clave: Manejo, reciclables, recuperación.

1. Introducción

La basura no posee valor cuando es desechada, al momento que es recolectada, transportada y almacenada empieza a generar pérdidas económicas a los ayuntamientos encargados. Esto da principio a la idea de reingresarla al mercado por medio del reciclaje o la reutilización, transformándola en un artículo nuevo. Esto quiere decir que su valor existe y el valor inicial de cambio puede ser recuperado [2].

El interés de compañías, gobiernos, agencias nacionales e internacionales por la recuperación de materiales reciclables ha ido en crecimiento constante. El conjunto de acciones realizadas desde la generación de los residuos así como la venta, reciclaje, reúso, etc. Son parte de los eslabones que conforman una cadena comercial [4]. La cual es definida como el conjunto de acciones y actores que intervienen en la recuperación de un material reciclable, su uso o comercio con un intermediario o empresa de transformación, así como las relaciones técnicas y económicas en la realización de esta actividad, tomando en cuenta los impactos sociales, económicos y ambientales son generados [7] y [9]. Se debe hacer notar que el mercado de los materiales reciclables es importante ya que miles de personas alrededor del mundo obtienen beneficios económicos [10].



Este mercado crece cada día más según las demandas de las empresas dedicadas a la realización de productos [1]. Y además de los beneficios económicos que se generan también existen impactos positivos al medio ambiente por reducción de residuos [3] y el beneficio social a las personas dedicadas a este giro [5].

Por otra parte el SI definido por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía [6], como el conjunto de unidades económicas dedicadas a la producción de bienes o a la prestación de servicios con la finalidad primordial de crear empleos y generar ingresos, donde no todas las leyes son respetadas, principalmente las que se refieren al fisco, trabajo y los derechos sociales de los trabajadores. Hace que los pepenadores sean los principales actores en la recuperación y comercio de materiales reciclables en los sitios de disposición final, así como intermediarios (acopiadores) distribuidos en las zonas urbanas y el sector formal que es representado por el sistema de recolección municipal y empresas recicladoras se complementan entre sí [8].

2. Desarrollo

El estudio se llevó a cabo en Mexicali y en Ensenada Baja California (figura 1). Mexicali cabecera del municipio con el mismo nombre con 936,826 habitantes distribuidos entre la zona urbana y su valle. Y el municipio de Ensenada con alrededor de 466,814 habitantes distribuidos entre la ciudad y su valle, es el municipio más grande en extensión del estado y está ubicado en la costa del pacífico [6].



Figura 1. Localización de áreas de estudio

Mexicali es una ciudad con actividades que generan la necesidad de tener lugares de disposición de residuos, ya que al ser una ciudad fronteriza los hábitos de consumo son diferentes a los del sur del país. Esto genera un interés en el comercio de materiales reciclables donde la intervención de centros de acopio particulares es importante, como trabajo de intermediarios entre el que recolecta y las empresas de transformación. Con la información generada por medio de trabajo de campo en la aplicación de instrumentos se obtendrá datos sobre el mercado en las áreas de estudio y su crecimiento.

Se diseñó un instrumento con 28 ítems los cuales están divididos en tres apartados. 1).- *Datos generales*. Este apartado tiene el fin de conocer información personal sobre el trabajo realizado (8 ítems). 2).- *Comercialización*. Que materiales son lo que poseen mayor margen de ganancia por lo cual son preferidos y si existe acopio de electrónicos (8 ítems). 3).- *Procesos de transformación y tratamiento*. Conocer la tecnología local existente en el procesamiento de algún tipo de material como el prensado, reducción de tamaño, segregado o trituración (12 ítems).



Para el análisis del mercado de los reciclables recuperados, se investigó la existencia de empresas de transformación y centros de acopio que realizan actividades con reciclables. Para identificar los materiales que son comercializados en la región se identificó el flujo de la cadena de comercio de los materiales recuperados.

Para ello se analizaron las bases de datos existentes en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), a través del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE 2010). Enfocándose en las unidades económicas con el giro de comercio al por mayor de materiales de desecho. Para verificar la información se realizaron recorridos in situ en forma visual de los comercios dedicados a la compra venta de materiales reciclables.

3. Resultados y discusión

El aumento en el comercio de reciclables genera la distribución de centros dedicados al acopio o transformación de materiales. La participación de diversos actores durante el comercio de materiales reciclables es variable y puede ir desde el recuperador a un acopiador o inclusive a una empresa de transformación directamente.

En la figura 2 se observan los diversos actores en la cadena comercial. El orden que se presenta de los actores puede variar de acuerdo a los cambios de en la función de cada autor. Generalmente en los tiraderos, los materiales son recuperados por pepenadores, estos venden en el lugar a acopiadores pequeños. Los acopiadores del sitio transportan a acopiadores de mayor tamaño, los cuales comercializan directamente con compañías transformadoras o envían el material al mercado nacional o extranjero.

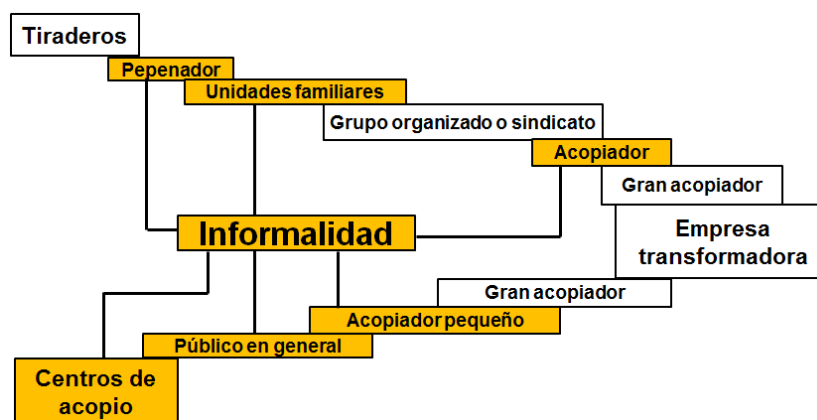


Figura 2. Actores en la recuperación y comercio de materiales reciclables

En la figura 3 se presentan los flujos de la cadena se observa que después de la recuperación el primer intermediario es el acopiador, el cual puede ser pequeño o grande según las cantidades de materiales que maneje.

Un acopiador pequeño establecido en la zona urbana le da un servicio a la ciudadanía en general y prepenadores, los cuales venden lo que recolectan a estos negocios. El hecho es que la parte informal es parte de varios actores los cuales caen en diferentes actividades.

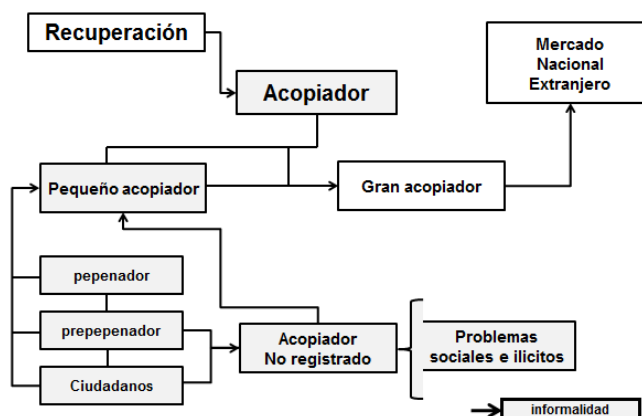


Figura 3. Flujos de la cadena comercial

En la tabla 1 se presenta el padrón del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE). Están registradas 65 recicladoras dedicadas a la compra venta de materiales reciclables en la ciudad de Mexicali y 20 en la ciudad de Ensenada. Los resultados de la verificación in situ muestran que de los 65 establecimientos localizados en Mexicali están operando 49 y además se localizaron 13 establecimientos que no están registrados en ninguna base de datos. En la ciudad de Ensenada operan 16 de los 20 existentes en la base de datos de INEGI y se localizaron cuatro no registrados.

Tabla 1, Acopiadores en las zonas urbanas

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

La distribución sobre la ciudad de Mexicali es homogénea, es decir se presentan acopiadores por toda la ciudad. Dividiendo la ciudad en cuatro cuadrantes se tiene que la concentración de establecimientos registrados en INEGI. En la tabla 2 se observa que el cuadrante sureste es el que cuenta con mayor número de acopiadores (34.78%), seguido por el cuadrante suroeste (28.27%), noroeste (24%) y noreste (12.95%) respectivamente.

Tabla 2, Distribución de acopiadores en Mexicali.

Noroeste	24%
Suroeste	28.27%
Sureste	34.78%
Noreste	12.95%



Por otra parte la distribución de negocios en Ensenada es diferente se encuentra muy focalizada en la zona noreste y sobre la carretera transpeninsular, esto por motivos comerciales ya que es la ruta de salida y entrada a la ciudad.

4. Conclusiones

La participación de intermediarios en el acopio de reciclables, ha sido importante para la activación y crecimiento de la recuperación. Los pequeños acopiadores hacen una labor intensa y dinámica, ya que la distribución de estos sobre las comunidades genera una mayor oportunidad de comercio para los ciudadanos, disminuyendo el desecho de materiales en la corriente de residuos.

El aumento del mercado de reciclables ha incrementado la informalidad en este giro. La operación de establecimientos en horarios no permitidos (de noche o 24 horas del día), trabaja sin contar con registros, permisos, etc., están ubicados en zonas de difícil acceso o en la periferia de la ciudad, además influyen en la reproducción de fenómenos sociales (desempleo, drogas). Fomentan actividades ilícitas como el robo de metales principalmente cobre.

Las autoridades no cuentan con sistemas de control. Es necesaria regulación de este tipo de establecimientos para el control de la compra venta de reciclables. Tener inventarios de las cantidades que se compran y venden es importante para tener un control estricto en la comercialización. La exigencia de un procedimiento estándar para los acopiadores es necesaria, con el fin de tener un mayor conocimiento de los que se comercializa y los inventarios de lo mismo.

El apoyo a generar un mercado local para otros reciclables como plásticos, papel y cartón. Tratar de controlar más el mercado de los metales, haciéndolo más estricto en el comercio, podría ser una opción para reducir la incidencia de negocios ilícitos e informales así como fenómenos de robo por el interés que genera los materiales como fierro, aluminio y cobre, reduciendo las pérdidas y daños a propiedades privadas.

5. Referencias Bibliográficas

- [1] Bovea M. D., Powell J. C., (2006). Alternative scenarios to meet the demands of sustainable waste management. *Journal of Environmental Management*, 79, pp. 115–132
- [2] Castillo B. H., Schteinar M., DiAndrea L., (2001), Desechos, residuos, desperdicios: sociedad y suciedad. PCP 301.3 S38 2001, pp. 130-147.
- [3] Giugliano M., Grosso M., Rigamonti L., (2008). Energy recovery from municipal waste: A case study for a middle-sized Italian district, *Waste Management*, vol. 28, pp. 39–50.
- [4] Gotschall M. G., (1996). Making Big Money from Garbage: How companies are forming International alliances to recycle trash for profit. *The Columbia Journal of World Business*, pp. 100-107.
- [5] Hayami Y., Dikshit A. K., Mishra (2006), Waste Pickers and Collectors in Delhi: Poverty and Environment in an Urban Informal Sector, Vol. 42, No. 1, pp. 41–69.
- [6] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) 2010. <http://www.inegi.org.mx/>
- [7] Khoo, H. H., Spedding, T. A., Bainbridge, I., & Taplin, D. M. R. (2001). Creating a Green Supply Chain.
- [8] 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.



[9] Seuring, S. A. (2001). Green Supply Chain Costing, 71-81.

[10] Wilson D. C., Cheesema C., (2006). Role of informal sector recycling in waste management in developing countries. Habitat international. 30 (4): pp.797-808.



Manejo y reutilización de residuos sólidos urbanos en escuelas de nivel básico

¹Hernández Suarez Bertha María Rocío, ²Sánchez Hernández Julio César, ²Contreras Garibay Enrique Antonio

¹Universidad Veracruzana, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán S/N, Zona Universitaria, Xalapa Ver., Tel. 228 1411033.
Fax 01(228) 8422745, berthernandez@uv.mx

²Dirección de Vinculación General, Lomas del Estadio S/N Edificio C, Zona Universitaria, Xalapa Ver., Tel 8421700
Ext. 11400

Resumen

Los residuos sólidos urbanos, son generados por todos los sectores sociales y productivos, tienen una importancia relevante debido a la cantidad y composición de ellos. La generación de residuos sólidos domiciliarios, es una variable que depende de la capacidad económica y cultural de la población, esto significa que el tipo y la cantidad generada de residuos sólidos urbanos (RSU), está directamente relacionada con la clase social a la que se pertenece. La Universidad Veracruzana, como parte de su compromiso social, aborda el problema del manejo de los residuos sólidos que enfrenta actualmente nuestro estado, buscando espacios de difusión y trabajo, específicamente en escuelas de nivel básico pertenecientes al estado de Veracruz, a través de talleres en donde los participantes puedan reconocer e identificar los problemas socioambientales que genera el inadecuado manejo de los residuos sólidos, proponiendo alternativas de reciclaje y reutilización a través de la elaboración de manualidades hechas a partir de residuos, elaboración de compostas, lombricompostas e implementación de otras ecotecnias.

Palabras Clave: *Educación ambiental, residuos sólidos urbanos, reutilización, reciclaje.*

1. Introducción

La satisfacción de nuestras necesidades requiere de un sin número de procesos tecnológicos a través de los cuales hacemos uso de los diferentes recursos naturales que hay en nuestro entorno. En muchos casos transformamos esos recursos en objetos útiles temporalmente. Envases, envolturas empaques son de uso común que una vez cumplida su función, son desechados, acumulándose en las calles, ríos y basureros a cielo abierto; ocasionando problemas de contaminación, ya sea porque se degradan lentamente o porque su cantidad supera la capacidad del medio para degradarlos, [1].

El análisis de las actividades relacionadas con el manejo de residuos sólidos, permiten identificar los problemas y optar por la alternativa que optimice los recursos y reduzca los efectos negativos que éstos producen al medio ambiente y a la salud pública. Por ejemplo, el manejo inadecuado de los residuos sólidos urbanos tiene un impacto en la salud humana y en el medio ambiente; la basura no recolectada o que no recibe una disposición final sanitariamente segura puede ocasionar la prevalencia de enfermedades y en cuanto al medio ambiente, nos podemos dar cuenta todos los efectos causados, como lo es la sobreexplotación de recursos naturales, la contaminación de agua, suelo y aire y por ende la pérdida de fauna y flora, [2].



Como parte del compromiso social de la Universidad Veracruzana, se aborda el problema en el manejo de residuos sólidos, específicamente en escuelas de nivel básico pertenecientes al estado de Veracruz, a través de talleres que permiten conocer además la posible reutilización de algunos de ellos. La alternativa propuesta es encontrar soluciones mediante la educación ambiental que es un proceso continuo que tiende a la formación de una cultura ecológica en la sociedad, mediante el manejo y asimilación de conocimientos, actitudes, aptitudes y valores acerca de la relación del hombre con la naturaleza, y de cómo implementar posibles recursos e instrumentos para llevar a cabo acciones concretas en favor de la conservación del medio y de sus componentes.

2. Desarrollo

La Educación Ambiental es una disciplina que en México ha comenzado a fructificar y que debe implementarse como una acción necesaria para abordar los problemas ambientales y contribuir a su solución. Para promover este tipo de conocimientos en los alumnos de las escuelas primarias, los académicos, deben tener en cuenta la importancia de la docencia como vínculo entre la educación y la sociedad. Por lo tanto sabemos que la práctica, el docente se ha convertido en el ojo de la tormenta de la crisis actual y que de ellos puede emanar las soluciones para que cambien las cosas, desde el punto de vista social, ambiental y de todo lo que se relacione con el quehacer educativo, [3].

El objetivo de este programa fue Involucrar de manera consciente y activa al participante en la problemática actual que vive el medio ambiente por el mal manejo de los residuos sólidos urbanos; buscando también propuestas de solución en grupo, que permitan realizar acciones locales para el buen manejo de estos. Mediante la integración del grupo participante desde su entorno a partir de una dinámica grupal, potenciar la participación individual y colectiva mediante la reflexión y el aprendizaje de temas relacionados con el manejo de los RSU, desarrollar en los alumnos y profesores una cultura de reciclaje, a través de la manipulación de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos y como punto clave conocer la opinión y evaluar el aprendizaje que obtienen los participantes del curso-taller.

Fue importante desarrollar un plan de trabajo en el cual los pasos a seguir fueron:

1. Integración del grupo participante.
2. Comparación de la biodiversidad antigua, con la que existe ahora.
3. Definir ¿Qué es un desecho sólido, clasificación y su importancia del buen manejo?
4. Establecer un plan de reutilización de los desechos orgánicos e inorgánicos en la escuela.
5. Evaluación de los conocimientos adquiridos.

En este curso, el aprendizaje estuvo guiado por el principio de “Aprender haciendo” y se desarrolló a través de metodologías interactivas y lúdicas con talleres teórico-prácticos. El trabajo estructuró en cinco fases: la primera hace referencia a la integración del grupo participante; las dos siguientes al contenido temático y contextualización del lugar; la cuarta fase está más involucrada con la práctica y participación directa con el problema y la quinta y última fase es donde se desarrolla la evaluación tanto de los contenidos abordados, como el desarrollo del taller, [4].

Es importante destacar que para tener éxito en el proceso de aprendizaje de los alumnos, las estrategias que se implementaron fueron seleccionadas y diseñadas por el grupo de trabajo en base a la situación cultural, social y económica de la comunidad de estudio, tomando como guía las cinco fases propuestas en el principio de Aprender – haciendo. Al realizar la adaptación de las estrategias educativas según el grupo con el que se trabaja se logró una mejor interacción entre el expositor y



su joven auditorio, brindando el ambiente propicio para que el conocimiento adquirido sea significativo y no superfluo.

Dentro de las herramientas seleccionadas y diseñadas encontramos:

Exposiciones: Con la finalidad de brindar una base teórica que proporcione elementos necesarios conceptuales, se diseñó y elaboró una serie de presentaciones digitales que contribuyeron en la visualización y asimilación de conocimientos. La presentación contenía además de la explicación escrita de cada uno de los conceptos, imágenes y videos como ejemplos para aclarar dudas que pudieran existir. Es importante mencionar que estas sesiones informativas fueron diseñadas con la finalidad de comunicar y transmitir información actual, fundamental y básica y no de ser solo un proceso de aprendizaje tradicional y no interactivo.

Dinámicas de grupo: Para fomentar la integración entre grupo y los expositores, se recurrió a dinámicas de conocimiento, distensión y cooperación lo cual ayudó a generar un ambiente de confianza, concentración y participación en las actividades que se realizaron. De acuerdo a las necesidades grupales, se eligieron para el primer grupo la dinámica titulada “la telaraña y el bum”, para el segundo grupo la titulada “me pica” y para el último grupo se utilizó la dinámica llamada “búscale un nido al pájaro”. Estas actividades nos permitieron inculcar valores en los integrantes del grupo, conseguir objetivos sociales y pasar un rato agradable y divertido.

Talleres: Estos fueron espacios de construcción colectiva, donde se combinó la teoría y práctica alrededor de una temática, además el investigar, experimentar, descubrir y encontrar nuevos usos y aplicaciones a un material de desecho son acciones que constituyen la columna vertebral del proceso creativo. Por otro lado, realizar las propuestas de los jóvenes y tomar como motivación los acontecimientos sociales que les rodean (fiesta populares, cumpleaños, etc.), o planteando la siguiente pregunta: ¿Cómo podríamos transformar esto?, nos dará la posibilidad de favorecer e incentivar actividades sencillas relacionadas con la temática del consumo.

Evaluación: Este proceso se realizó con el propósito de juzgar y valorar principalmente la calidad tanto del proceso como el nivel de aprovechamiento alcanzado de los alumnos que resulta de la dinámica del proceso de enseñanza aprendizaje. La medición y evaluación del aprovechamiento del curso no es sólo una tarea intelectual sino que también depende de la conducta del educando en términos de sus actitudes, intereses, sentimientos, carácter y otros atributos de la personalidad.

Entre las técnicas de observación que suelen utilizarse están el registro anecdótico, récord acumulativo, listas de cotejo y escalas evaluativas. Además, existen medios e instrumentos de expresión propia y de interacción que permite la participación y creatividad de los estudiantes. En nuestro caso se emplearon dos métodos: la aplicación de un crucigrama con la finalidad de conocer los aspectos teóricos aprendidos y la bitácora COL como registro anecdótico.

3. Resultados y discusión

La evaluación de los conocimientos teóricos fue evaluada mediante un sistema no tradicional sino que fue más interactivo y creativo mediante la aplicación de crucigramas. Durante estos cursos-taller participaron 45 jóvenes estudiantes del Telebachillerato Mahuixtlán entre los 15 y 19 años de edad, se organizaron grupos conforme al grado escolar que cursaban.

Para el grupo de Tercer Semestre, en la bitácora COL después de revisar y analizar cada una de ellas pudimos darnos cuenta que se alcanzaron los objetivos propuestos al principio del curso taller pues su participación fue activa se logró tener una buena comunicación entre los exponentes y los estudiantes. De la misma manera expusieron su preocupación y responsabilidad por conservar su hábitat. En cuanto al desarrollo del curso-taller la mayoría sintieron emoción y alegría por conocer



como ayudar en su comunidad, además de que reforzaron conocimientos previos y obtuvieron otros más. El promedio general sobre aciertos y errores en el crucigrama fue de 92 % aciertos y un 8 % de error Figura 1.

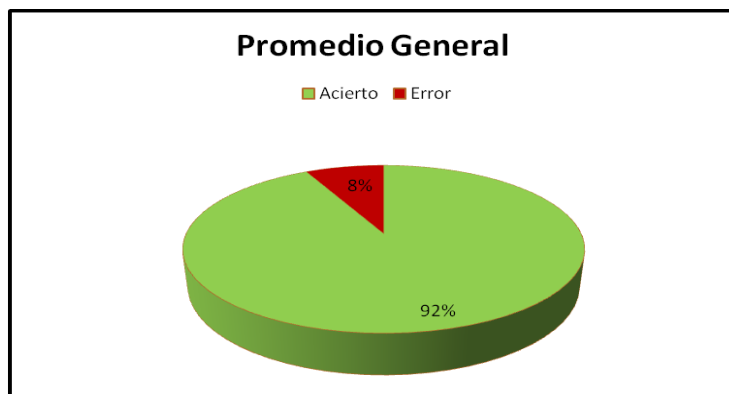


Figura. 1. Promedio general de la evaluación del crucigrama tercer semestre.

Para el grupo conformado por el Quinto semestre, después de leer y analizar la bitácora COL pudimos darnos cuenta que se alcanzaron satisfactoriamente los objetivos propuestos. La participación de los estudiantes fue al principio algo pasiva pero cuando se inició la manualidad estuvieron activos. La comunicación establecida fue buena y pudimos darnos cuenta que estaban emocionados al realizar las actividades manuales.

Así mismo podemos decir que el objetivo principal que es concientizar y despertar el interés por empezar a emprender acciones para la mejora de su comunidad se logro pues varios de los alumnos muestran preocupación y responsabilidad. En cuanto a los conocimientos pudimos notar que algunos conceptos que se manejaron los tenían pero era algo vago y con este curso lograron reforzarlos y tener una idea más clara de lo que es en realidad. El promedio general de aciertos y errores en el crucigrama fue de 99 % de aciertos y 1% de error Figura 2.

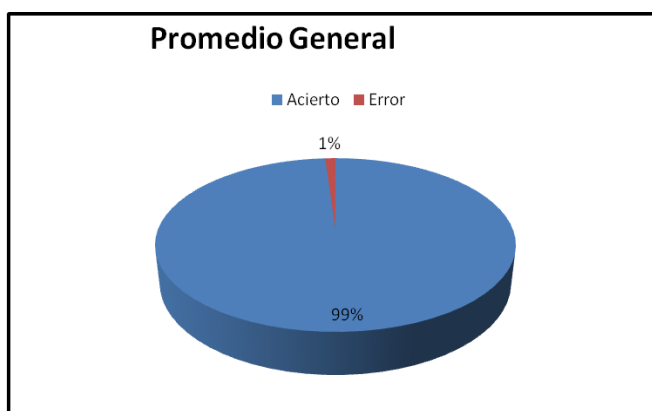


Figura. 2. Promedio general de la evaluación del crucigrama quinto semestre.

Los resultados obtenidos en este taller para el grupo de Segundo semestre fueron igual de satisfactorios que los anteriores, contamos con la participación activa por parte de los estudiantes y esto propició una buena comunicación entre los participantes de dicho taller. Lo anterior podemos



afirmarlo luego de la revisión y análisis de la bitácora COL que se incluye en la evaluación del taller realizado.

Pudimos notar que les gusto la metodología de trabajo que se utiliza, lo cual nos llevó al alcance de los objetivos planteados al principio del curso taller. Logramos detectar las diferentes emociones que se les presentaron durante el desarrollo del taller, desde la alegría de aprender algo nuevo hasta la preocupación y ocupación del problema que afecta al medio en donde se desarrollan. En cuanto a los conceptos abordados dentro del taller pudimos notar de acuerdo a los resultados obtenidos en el crucigrama que algunos conceptos ya los tenían bien definidos sin embargo el promedio general de aciertos fue de 90% y un 10% de error Figura 3.

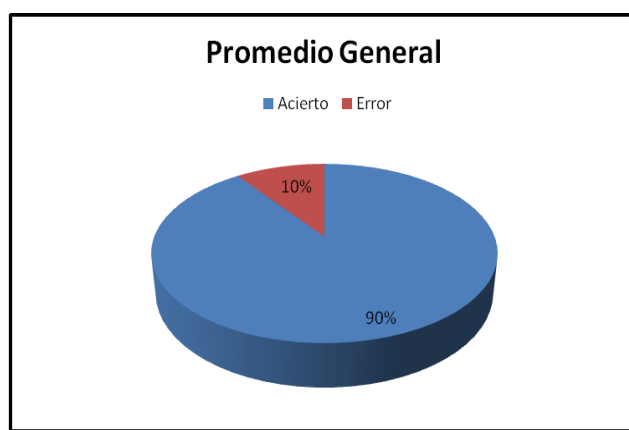


Figura. 3. Promedio general de la evaluación del crucigrama segundo semestre.

Finamente, la finalidad de elaborar la bitácora COL fue apoyar la memoria y estimular procesos de pensamiento, permitiendo desarrollar la metacognición, despertar actitudes de autogestión y autorresponsabilidad, para organizar las ideas. También nos permitió a los expositores y a los alumnos ver el proceso de construcción de conocimientos, pues al pedirles que ellos se respondiesen la pregunta ¿Qué aprendí?, no solo se involucraron los conceptos teóricos sino también involucraron el ¿Qué sentí? ¿Qué viví? ¿En qué ayude a mi comunidad?, entre muchas otras cosas. Permitiéndoles así, vivir la experiencia del aprendizaje basado en procesos y no en contenidos.

4. Conclusiones

La educación es un factor esencial para el desarrollo humano, social y económico, y fomenta un mundo sostenible, abre muchas puertas para el desarrollo de habilidades, el fomento de valores y la creación de conocimiento. De manera puntal podemos decir que la educación ambiental es algo que puede ayudar a transformarnos y convertirnos en sujetos críticos de lo que ocurra en nuestro alrededor. Por esto que resulta importante despertar el interés de los estudiantes a través de la combinación de diferentes metodologías y actividades permitiendo integrar lo teórico, lo lúdico y lo práctico; esto hace que se genere una mayor disposición para el aprendizaje y se convierta en una oportunidad para los estudiantes y la escuela: compartir, imaginar y crear.

Los docentes son el vehículo que permitirá guiar a los jóvenes a hacer conciencia de la importancia de la aplicación de técnicas y métodos de un mejor manejo y utilización de los RSU, mediante la



implementación inicial en las aulas como un ejemplo a seguir de lo que requieren hacer en casa para poner en práctica la educación ambiental recibida.

Por otra parte, trabajar con estudiantes de edades entre los 15 y 19 años permite obtener buenos resultados, pues su grado de madurez les permite analizar y emitir juicios sobre la problemática que se suscita en el medio donde se desarrollan. Además de que son también capaces de poder transmitir este conocimiento a sus familiares y conocidos. La participación de profesionales y jóvenes como tutores en la escuela crea un ambiente de confianza en el grupo; ya que rompe la rigidez de la educación formal, estableciendo relaciones de confianza y respeto donde se valoran los conocimientos y saberes de todos los participantes.

La vinculación de la Universidad Veracruzana en su Departamento de Vinculación con el Sector Público permite sumar esfuerzos y recursos para la mejora tanto de la comunidad donde se impartió el curso, como de los estudiantes

Agradecimientos

Agradecemos al Telebachillerato “Mahuixtlán” con clave 30ETH0627X de la localidad de Mahuixtlán en el Municipio de Coatepec, Veracruz por las facilidades prestadas a este proyecto.

5. Referencias Bibliográficas

- [1] López, Garrido L., Pereira Martínez J. y Rodríguez, Acosta R. *Eliminación de los Recursos Sólidos Urbanos*. 2004. Editores Técnicos Asociados. Barcelona.
- [2] UNESCO. *Educación Ambiental: Principios de enseñanza y aprendizaje*. 1998. Los libros de la Catarata. Bilbao.
- [3] UNESCO. *Actividades de educación ambiental para la enseñanza. Programa internacional de educación ambiental UNESCO-PNUMA*. 2007. Grafiles. Madrid.
- [4] Sureda, Jaime. *Guía de la Educación Ambiental*. 1999. ANTROPOS, editorial del Hombre. España



Educación Ambiental para el desarrollo de una conducta sustentable

¹Dra. Teresa de Jesús Mazadiego Infante, ¹Psic. Nancy Fuentes Izazaga,

²Dr. José de Jesús Villegas Torres

¹ Facultad de Psicología Campus Poza Rica, Boulevard Lázaro Cárdenas 801, Colonia Morelos Poza Rica, Ver. C.P.93340; ²Facultad de Odontología Campus Poza Rica, Boulevard Lázaro Cárdenas 801, Colonia Morelos Poza Rica, Ver. C.P.93340. Teléfono: 7828245701. E-Mail: tmazadiego@uv.mx

Resumen

La educación ambiental parte de la construcción de una cultura de protección al ambiente a través de la construcción de un comportamiento sustentable en la niñez mexicana para tener en un futuro la disponibilidad y gestión del agua, en calidad y cantidad suficientes, para atender las necesidades sociales de cualquier población, cuidando que el impacto del cambio climático sea menos dañino, a través de instituciones educativas que se comprometan en la educación de generaciones que se atienden en las aulas para lograr una educación ambiental, que permita proteger el ambiente del cual depende todo ser vivo. La investigación tuvo como objetivo la educación ambiental en una escuela primaria pública donde participaron 96 niños de cuarto a sexto grado, involucrándose los maestros y padres de familia. El cuestionario utilizado tuvo una confiabilidad interna de 0.893 obtenido por el corrimiento de la prueba Alpha de Cronbach del paquete estadístico SPSS, 15. Los resultados mostraron un cambio en los participantes a favor del medio ambiente en donde las niñas mostraron el mayor cambio en la comparación de medias por género, mostrando altas correlaciones al .01 y al .05%, mostrando los niños un comportamiento sustentable al comprender que el cambio climático será un problema para la humanidad si no logran ser parte de la educación ambiental, reflexionando que entre más cuiden el agua entre otros aspectos vitales, el cambio climático disminuirá y de igual forma, deberán continuar reciclando el PET y seguir participando en programas de prevención para la protección del ambiente.

Palabras clave: *Aprendizaje de composta, cultura ambiental, protección del ambiente, reciclaje, venta de aceite comestible usado.*

1. Introducción

El concepto de *desarrollo sustentable*, según la declaración de la Conferencia de la ONU sobre Medio Ambiente y Desarrollo [1] y [2], se refiere al derecho de las generaciones presentes y futuras, para ejercer su desarrollo en forma equitativa de acuerdo a sus necesidades ambientales [3] y [4].

El desarrollo sustentable se define por medio de la construcción hacia un comportamiento sustentable donde se presentan diversas vertientes: disponibilidad y gestión del agua, recursos naturales, demandas sociales, impacto del cambio climático, consecuencias de la contaminación, instituciones y seguridad nacional, entre otras, todas ellas relacionadas estrechamente con el medio ambiente del cual dependen todos los seres vivos [5] y [6].

En México se ha buscado instaurar un régimen jurídico para normar las actividades relacionadas con la problemática ambiental y la utilización sustentable del capital natural [7], previendo que el



grado de capacidad de dichas normas y su aplicabilidad hagan de ellas mecanismos efectivos de preservación del ambiente y de los recursos naturales.

Otro concepto utilizado actualmente es el de la *conducta sustentable*, desde el marco de una práctica cultural mas allá del proceso que se forma y fortalece en las Instituciones educativas, de acuerdo a las acciones efectivas, deliberadas y anticipadas, dirigidas a la toma de responsabilidad en la prevención, conservación y preservación de los recursos físicos y culturales que incluyen, la integridad de las especies animales y vegetales, así como el bienestar y la seguridad material individual y social de las generaciones humanas actuales y futuras [8], [9], [10].

La Promotora Ambiental, S.A (PASA, 2011) de la Zona Norte, ha reportado en años recientes, que se ha registrado un incremento del deterioro del medio ambiente a nivel mundial y en Poza Rica de Hidalgo Veracruz, anualmente se producen alrededor de 80,000 toneladas de residuos, lo que supone 1,0 kg/día de residuos generados por persona.

Dentro de estos residuos municipales están el papel, cartón, vidrio, plásticos, chatarra, metales, textiles, envases de cartón, bebidas y materia orgánica. Los recursos para su manejo son limitados y si no se concientiza que no todo lo que se desecha es realmente basura, se estará creando una gran cantidad de desperdicios, sin mencionar su tiempo de degradación y se estará colaborando con el calentamiento global, a una mayor contaminación y deterioro del medio ambiente, de ahí la importancia del *reciclaje*.

Conforme lo anterior, *el objetivo* de la presente investigación fue el de implementar una propuesta de educación ambiental para el mejoramiento del ambiente escolar, para ello se trabajó con una muestra de niños de entre 8 a 13 años de edad, utilizando estrategias de aprendizaje significativas [11] para el desarrollo de un comportamiento sustentable

2. Desarrollo

2.1. Participantes

Se invitó a los grados superiores a participar con los investigadores, siendo la respuesta de 96 estudiantes, 44 niños y 52 niñas de la primaria, se esperaba que la muestra permitiera influir sobre los docentes y posteriormente en los padres de familia, logrando que todos participaran directa e indirectamente en el problema de la basura escolar como agentes potenciales para el desarrollo y fortalecimiento de un comportamiento sustentable dentro de la institución. Es preciso señalar que la escuela objeto de estudio por ser un ámbito educativo, creativo y receptivo, facilitó el diseño de estrategias para estimular actitudes y reforzar los valores positivos de los miembros de esa comunidad educativa. Además, en su doble calidad de centro educativo y comunidad, tuvo la legitimidad que la posicionaba como el ámbito adecuado para desarrollar todos los aspectos en la construcción de una educación ambiental sustentable para todos sus miembros.

El *criterio de la selección de la muestra* para trabajar en una escuela primaria se debió a que presentaba una gran **acumulación de basura producida** en distintas áreas de la misma y no se tenía conciencia del daño que mostraban sus jardines. Y el criterio para los participantes, fue la respuesta de los grupos superiores, de cuarto a sexto grado, que mostraron interés y curiosidad por colaborar en las actividades a realizarse.

Para evaluar la educación ambiental de los participantes se aplicó el cuestionario sobre *Comportamiento sustentable* [12], que está integrado de 23 ítems, con cuatro alternativas de respuesta tipo Likert: 1. No, 2. Un poco, 3. Mas o menos y 4. Sí; evaluándose temas como las



consecuencias del cambio climático, el cuidado del agua, la recolección del aceite, recolección del PET, el cuidado del ambiente, el ahorro de energía, el reciclaje, entre otros temas.

Tabla 1. Edades de los participantes

	Edad en años	Frecuencia	Porcentaje
Válidos	8	4	4.2
	9	20	20.8
	10	30	31.3
	11	37	38.5
	12	3	3.1
	13	2	2.1
	Total	96	100.0
Media de edad:	10.22		

2.2. Procedimiento

2.2.1. Fase de contacto: Se obtuvo la autorización del proyecto para trabajar en la escuela primaria José María Morelos y Pavón empleando estrategias de aprendizaje significativo para una cambio en la conducta sustentable en la educación ambiental dentro de ésta, elaborando un convenio con la empresa PASA de Poza Rica para la recolección y el manejo de residuos como botellas de plástico reciclables (botellas elaboradas de politereftalato de etileno, en inglés polyethylene terephthalate), un tipo de plástico transparente muy usado en envases, llamado también polietileno tereftalato: PET) y el aceite comestible usado (ó aceite residual) de la cooperativa de la escuela, incluyéndose en las actividades de recolección a los padres de familia.

2.2.2. Fase de aplicación de la pre-prueba: se llevó a cabo en los salones de cada grupo de los niños participantes para mayor comodidad, donde se les explicaba el objetivo y propósito del taller y la aplicación del cuestionario; confirmando el anonimato y seriedad de sus respuestas, así como aclaración de alguna duda. La mayoría de los participantes se mostraron dispuestos y colaborativos, dado la confianza mostrada con la investigadora e interés en el estudio para lograr una mejora en su institución.

2.2.3. Fase de intervención: tuvo una duración de cuatro meses, durante hora media en forma diaria los cinco días de la semana. Se utilizó un cañón para la proyección de videos ilustrativos para lograr la sensibilización de los participantes y las diapositivas en power point de acuerdo a los temas (medio ambiente, reciclaje, compostaje, carta de la tierra).

En primera instancia se quiso conocer la perspectiva de cada niño acerca del medio ambiente y la forma en que ellos se lo imaginarían dentro de unos años representándolo en un dibujo alusivo. Uno de los trabajos que harían el resto del ciclo escolar sería que los estudiantes en que *cada día viernes*, recolectarían en la semana las botellas que consumieran en casa o en escuela, depositándolas el día mencionado en el “*Super saco*” proporcionado por PASA, para que una vez



lleno, se pudiera entregar con la finalidad de favorecer al medio ambiente y a la institución puesto que el producto de la venta les beneficiaría. Dentro de las demás actividades, se llevó a cabo un taller de re-uso con botellas de plástico, al término de éste se hizo una exposición de flores elaboradas con esos materiales, rehiletes, juguetes, aprovechando la creatividad de cada uno de los niños y niñas participantes (Figura 1).



Figura 1. Con materiales de re-uso, se observa a los niños de los grados participantes.

Posteriormente se llevaron a cabo actividades como la elaboración de composta; para ello, cada niño participó con residuos orgánicos recolectados en sus casas. La composta se preparó en el jardín de la escuela donde pudieran descomponerse las materias orgánicas, (Figura 2), donde el suelo se encontraba seco y con basura que los niños tiraban en el recreo. Después de ocho semanas aproximadamente, la composta se depositó en el área preparada, para que los participantes pudieran sembrar flores.

2.2.3. Fase de Cierre: En esta fase se aplicó la post-prueba (mismo instrumento aplicado al inicio del taller) a los participantes notando en ellos una mayor concientización y conocimientos al contestar las preguntas. Y se procedió al análisis de los datos mediante el programa estadístico SPSS, Versión 15.



Figura 2. Utilización de materiales orgánicos para preparar la composta y sembrar finalmente flores.

3. Resultados y discusión

La confiabilidad interna del instrumento fue de 0.893, obtenida a través del Alpha de Cronbach, resultando un instrumento altamente confiable. Se obtuvo la ANOVA con la prueba de no aditividad de Tukey (Tabla 2) para conocer si hubo un cambio en cada participante; la prueba F confirmó numéricamente que el aprendizaje fue significativo.

Tabla 2. ANOVA con la prueba de no aditividad de Tukey

			Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-personas			450.551	95	4.743		
Intra-personas	Inter-elementos		2030.769	45	45.128	89.276	.000
	Residual	No aditividad	48.550(a)	1	48.550	98.230	.000
		Equilibrio	2112.420	4274	.494		
		Total	2160.970	4275	.505		
	Total		4191.739	4320	.970		
Total			4642.290	4415	1.051		

Media global = 2.47. La Estimación de Tukey de la potencia a la que es necesario elevar las observaciones para conseguir la aditividad = 2 .196

Los 96 participantes influyeron en sus familias y amistades, por lo que el impacto del Programa fue eficaz, coincidiéndose con [1] y [2] en que para desarrollar un comportamiento sustentable y fortalecer la cultura ambiental se debe partir de la familia y una forma efectiva es participando la mayor parte o todos los miembros por una cultura del ambiente, por el derecho que tienes las



generaciones presentes y futuras para ejercer su desarrollo en forma equitativa de acuerdo a sus necesidades ambientales [3, [4], [5],[6].

Además de coincidir con [8], [9] y [10] en que la responsabilidad de la prevención, conservación y preservación de los recursos físicos y culturales que incluyen la integridad de las especies animales y vegetales se debe educar desde edades tempranas para lograr una conducta sustentable que permita el bienestar y la seguridad material individual y social de las generaciones humanas actuales y futuras a través de un aprendizaje significativo [11].

Los resultados obtenidos entre la pre y la posprueba [12] confirmaron cambios en todos los participantes, a través de la comparación de medias se conoció el impacto por género, la prueba F fortaleció los resultados al mostrar en forma numérica cambios significativos de un participante a otro (inter-personas) y dentro de cada participante (intra-personas) registrándose los cambios personales en su comportamiento (y en forma colateral, en familiares y amigos, influyendo en todo el personal de la escuela primaria José María Morelos y Pavón de Poza Rica, Veracruz, quiénes después de la intervención han mantenido la Educación Ambiental en todos los grados y grupos de la escuela.

Tanto niños como niñas, mostraron un comportamiento sustentable al manifestar sentirse parte del ambiente, al participar orientando a su familia y a sus amistades, participando en la prevención y protección del ambiente para prevenir los futuros cambios climáticos y por lo tanto, mostrando la eficacia del Programa de Educación Ambiental y su impacto no solo en los participantes sino en todos los que participaron directa e indirectamente, en el problema de la basura escolar, puesto que se convirtieron en agentes de cambio reduciendo notablemente el aspecto sucio de la institución, al colocar la basura en su lugar en forma separada, en los botes que los maestros colocaron expofeso.

4. Conclusiones

A pesar de que la intervención terminó en junio/2012, los maestros han continuado con la educación ambiental, en todos los grados y en reuniones con los padres de familia, se ha continuado trabajando la sensibilización por el cuidado del ambiente, por el re-uso de materiales desechables, por la recolección del PET y del aceite comestible usado, por la separación de la basura, el cuidado del agua, energía eléctrica y cada uno de los temas tratados el taller impartido, trabajando los conceptos con los que se va a relacionar los conocimientos que recibe cada niño en los distintos grados de la escuela, buscando a través de la acción, un aprendizaje significativo por lo que habrá que continuar realizando actividades que lleven a fortalecer la educación ambiental[9] y [10].

El programa permitió que se fortalecieran conocimientos adquiridos tanto en el hogar como en la escuela, reafirmar conceptos e ideas a lo largo de sus experiencias anteriores que utilizó para la adquisición de nuevos aprendizajes, concluyendo que el impacto que ha tenido esta investigación ha sido significativa, quizá no en todos los niños involucrados en la prueba pero se ha podido observar en la hora del receso los niños de toda la escuela dejan limpia el área donde comen y juegan; ahora los niños depositan el PET en cajas estando motivados para recibir un diploma en el homenaje a la bandera que se realiza cada lunes, pues se les reconoce como **portadores de cultura al cuidado del ambiente**, mientras el aceite comestible usado se sigue almacenando en la cooperativa de la escuela, con el propósito de venderlo para su reciclado.

La propuesta de Educación Ambiental fue efectiva ya que provocó comportamientos sustentables en la institución, en los hogares de cada uno de los participantes y en los propios participantes, los cuales suponemos hoy, son promotores de comportamientos sustentables en sus colonias favoreciendo con su ejemplo la cultura ambiental.



5. Referencias bibliográficas

- [1] Aragonés, J.I. (2010). *Psicología ambiental*. México: Grupo Anaya Comercial, 452- 458
- [2] Rodríguez, M. (2002). *Didáctica ambiental*. San José, Costa Rica: EUNED, 240
- [3] Calva, J. L. (2007). *Sustentabilidad y desarrollo ambiental*. Volumen 14 ,UNAM: Porrúa.
- [4] [Kyoto Protocol: Status of Ratification](#) (2009). *United Nations Framework Convention on Climate Change*. Consultado el 06/05/2011.
- [5] Leff, E. (2002). *La transición hacia el desarrollo sustentable: perspectivas de América Latina y el Caribe*. Johannesburgo: Secretaría del medio ambiente y recursos naturales, cumbre mundial del medio ambiente.
- [6] Leff, E. (2004). *Racionalidad ambiental: la reapropiación social de la naturaleza*. México: Siglo XXI.
- [7] Instituto Nacional de Ecología (2011). *Evolución y evaluación del desarrollo institucional en materia de prevención de riesgos de accidentes químicos*. Consultado el 12/04/2011: www.ine.gob.mx
- [8] Encinas, A. (2002). *La sustentabilidad del desarrollo y la integración de las políticas*. Economía, sociedad y medio ambiente. Reflexiones y avances hacia un desarrollo sustentable en México. Consultado el 26 /05/ 2011 en <http://www.redmeso.net>
- [9] Díaz Mérito, A. (2010). *Psicología ambiental*. México: Grupo Anaya comercial.
- [10] Soler, F. E. (2006). *Constructivismo: innovación y enseñanza efectiva*. Venezuela: equinoccio, 103-110
- [11] Lejter de B., J. (1990). *Instrucción y aprendizaje significativo*. Universidad Pedagógica: UPN Experimental Libertador.
- [12] Mazadiego, I.T. (2011). *Comportamiento sustentable. Psicología y sustentabilidad en espacios comunitarios*. Alemania: Editorial Académica Española, ISBN: 978-3-659-02283-8



Valorización de envases de plástico en una Institución de Educación Superior

¹José Gpe. Melero Oláquez, ²Dora A. Hernández Martínez, ³Sara Ojeda-Benítez

¹ Instituto Tecnológico de Mexicali/UABC, Av. Tecnológico s/n, col. Elías Calles. CP 21396. Tel (686)680-4998.
brechista@gmail.com.

²Instituto Tecnológico de Mexicali. ³UABC.

Resumen

Una práctica común de la sociedad del siglo XXI es la adquisición de productos en envases de plástico, principalmente de PET, es un material ligero, fácil de transportar, es reciclable y de fácil adquisición, Es un material que se usa en exceso y no se están aprovechando sus bondades, es un material que al convertirse en residuo no se recicla en su totalidad, una proporción de estos residuos se depositan en la basura. El objetivo de este trabajo es presentar una propuesta para valorizar los envases de PET a través de su reciclado. Para diseñar la propuesta, fue necesario realizar un estudio de caracterización en una Institución de Educación Superior; el Instituto Tecnológico de Mexicali. Para realizar la cuantificación se pesaron y caracterizaron los residuos sólidos generados en la institución durante 15 días. Los resultados muestran que el promedio diario es de 280.51 kg., el plástico PET que se genera es de 52 kg (18.5 %); este, es un residuo que puede ser valorizado, por lo que se propone un programa para el desvío de este residuo, el cual debe ser separado, acopiado y enviado a reciclaje.

Palabras Clave: *acopiar, caracterización, reciclar, sociedad.*

1. Introducción

En muchas de las ciudades del planeta existe contaminación causada por residuos sólidos que son arrojados en el suelo o en otros lugares no aptos para eso sin importar que es lo que pasará con ellos. La población no cuenta con una cultura de separación de basura, lo cual conlleva a que en los basureros o rellenos sanitarios no controlados, se encuentren residuos que pueden ser reutilizados. Uno de estos residuos es el plástico, conocido como PET. El politereftalato de etileno (PET) es un polímero sintético que tiene múltiples utilidades por sus excelentes propiedades físicas y químicas [1]. El PET es un material inerte, no tóxico, moldeable, no biodegradable y puede ser reciclado casi en forma infinita, actualmente la fabricación de envases de bebidas suaves, jugos, agua, bebidas alcohólicas, aceites comestibles, limpiadores caseros, entre otros, representan el uso más significativo de resinas de PET. El envase de PET es sumamente ligero por lo que reduce la emisión de contaminantes durante su transporte, además que se requiere menos combustible durante su transporte por lo cual ayuda a ahorrar energía.

El objetivo principal de este trabajo es, en base a un estudio de caracterización y cuantificación de los residuos sólidos que se generan en una IES, realizar una propuesta para valorizar los envases de plástico, particularmente el PET, que se generan en la institución y que no tienen ninguna utilidad, ya sea reutilizándolos o reciclándolos. La propuesta incluye el formar equipos de trabajo con docentes y estudiantes (voluntarios y servicios sociales) que estén interesados en el cuidado del medio ambiente y que a la vez les redunde en un incentivo económico por la venta del PET.



2. Desarrollo

El Instituto Tecnológico de Mexicali (ITM), es parte de la Dirección General de Educación Superior Tecnológica que cuenta con 261 Institutos Tecnológicos en México con una población aproximada de 440,000 alumnos. Para el caso de este estudio, el ITM cuenta con una población de aproximadamente 3,000 alumnos, 234 docentes y 72 asistentes a la educación (administrativos y servicios generales). El estudio de caracterización y cuantificación de los residuos sólidos que se generan en el ITM se realizó en base a la NMX-AA-022-1985 con modificaciones de acuerdo con Ojeda-Benítez et al [2]. La hoja de registro cuenta con 8 categorías (productos), la tabla 1 muestra la agrupación de las categorías y sus subcategorías para un manejo más práctico.

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.

Los resultados de la caracterización se muestran en la tabla 2, en ella se describen los montos que se generaron en las tres áreas significativas de la institución; edificios y pasillos (169.27 kg), jardines (58.69 kg) y cafetería (52.54 kg). Asimismo se muestran los montos (en peso y %) del PET y los demás plásticos.

Tabla 2. Composición de los residuos generados por área.

Categoría	Edificios			Jardines	Cafetería	
Papel y cartón	23.30 %					
Plásticos	PET	9.72%	16.46 kg		11.17%	5.87kg
	Otros plásticos	10.34%	17.5kg		22.72%	11.94kg
Metales	3.32 %					
Vidrio	1.87 %					
Orgánicos	16.85 %			95.76 %	60.34 %	
Construcción	0.65 %			4.24 %		
Peligrosos	0.40 %					
Otros	33.50 %				5.75 %	

Los datos anteriores muestran que el 18.5% (aprox. 52 kg) de los residuos que se generan en la institución están en la categoría de plásticos y de estos el 43.13% (22.3 kg) de ellos son envases de plástico (PET). De acuerdo con los datos del INEGI [3], en México, de las 4,362,404 Ton de



plásticos que se generan anualmente, se recuperan 20,700 Ton, esto indica que tenemos un área de oportunidad en la recolección y reciclaje de este material. La figura 1 muestra que en el ITM, el 77 % de estos tienen capacidad de reciclaje (PET y Reciclables) y de composta.

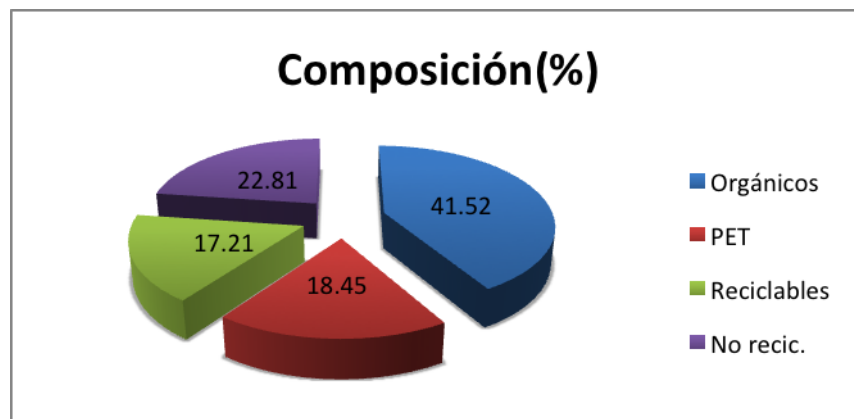


Figura. 1. Porcentaje de residuos sólidos generados en la institución

Propuesta de valorización

Programa de reciclaje en la institución: “**Tu basura a mi me sirve**”

Esta campaña se propone a todos los miembros de la institución para desarrollar actividades, a través de equipos de trabajo, para acopiar papel/cartón y PET, en una primera etapa y, a través de ésta, fomentar una cultura ambiental para aprovechar lo recolectado, ya sea para reusarlo, transformarlo u obtener un beneficio en su venta.

Objetivo General

Que los miembros de la institución identifiquen los diferentes tipos de residuos que se generan en la institución que son considerados como basura y que pueden ser acopiados, reusados o reciclados para crear una cultura ambiental en los miembros de la institución.

Objetivos específicos

- Generar actividades y dinámicas que permitan a los miembros de la institución sensibilizarse en temas de educación ambiental.
- Formar equipos de trabajo para fomentar la cultura de la limpieza y separación de residuos que pueden ser acopiados, reusados o reciclados.
- Que la institución cumpla con los requisitos que marca la ley en cuanto a la disposición integral de residuos sólidos urbanos [4].

Descripción de las actividades de los equipos de trabajo

Coordinación general. - Este trabajo está propuesto para que lo desarrollen un catedrático de tiempo completo de la institución y un estudiante. Ambos deben estar comprometidos con el medio ambiente, más allá de la remuneración económica que se busca obtener por esta actividad.

Requisitos para el puesto:

Docente tiempo completo	Estudiante



- Debe ser nombrado por el director del plantel - Esta actividad debe estar especificada en su horario de trabajo, dentro de sus horas de apoyo a la docencia. - Coordinar, supervisar, evaluar y reportar los avances del programa - Asesorar a los departamentos y a los estudiantes que así lo requieran. - Reportar al final del semestre los resultados del programa, junto con los equipos involucrados. - Promover que los equipos de trabajo reporten resultados en congresos, simposios, foros, etc.	- Debe estar cursando el quinto semestre o superior - Debes ser un alumno regular en la institución - Debe apoyar y supervisar junto con el docente, el funcionamiento del programa, principalmente en su relación con sus compañeros estudiantes. - Debe buscar que los equipos de trabajo se formen con estudiantes que incluyan todas las especialidades de la institución. - Participar con los resultados del programa en congresos, simposios, foros, etc.

Equipos de trabajo.- Deben estar conformados por al menos un docente y cinco estudiantes (en un máximo de 10), estos, en lo posible, deben estar conformado por diferentes especialidades. Pueden ser voluntarios o prestadores de servicio social. Se encargarán de acopiar, separar y transportar a un contenedor especialmente colocado en una posición estratégica de la institución, los residuos (papel/cartón, plásticos (PET) y vidrio) que se generen en los diferentes departamentos, esta actividad se llevará a cabo diariamente.

Formas de acopiar el PET

Se distribuirán estratégicamente contenedores para acopiar el PET, el papel/cartón y vidrio (otros dos equipos están llevando a cabo una propuesta sobre el manejo de estos dos últimos), la figura 2 muestra los lugares donde se instalarán los contenedores en la institución, cada uno de ellos indicando con el color, que tipo de residuos se espera sea depositado; los de color amarillo son para el PET.

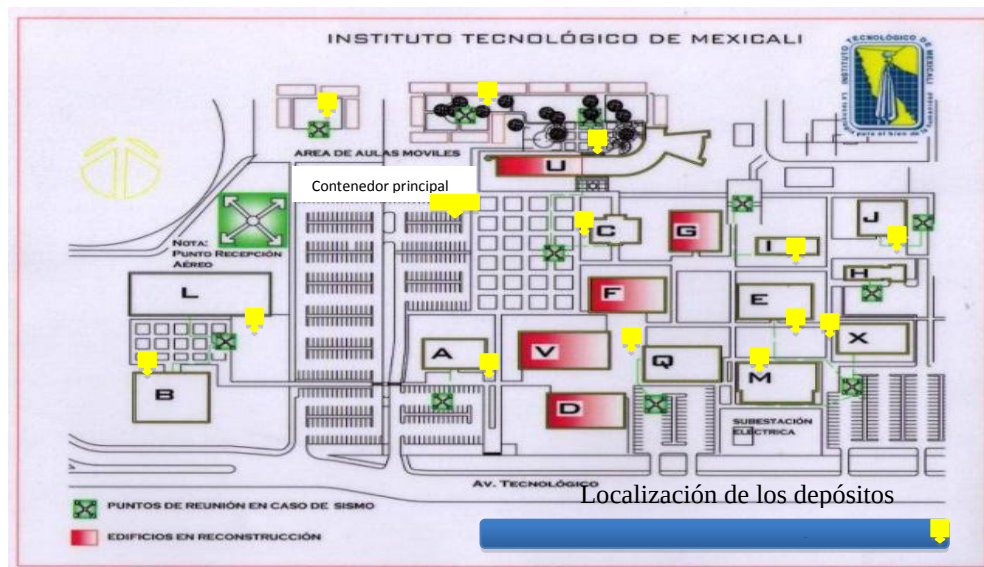


Figura. 2. Sitios donde se instalarán los depósitos



Se espera recolectar entre 25-30 kg diarios de PET (según los datos de la caracterización), la recolección será a las 14 hrs, esto porque en el horario académico de los alumnos es cuando tienen su tiempo libre o menos materias asignadas.

El equipo que se encargue de recolectar el PET deberá llevar un registro que contenga el peso de cada bolsa, en que lugar se recolectó, la fecha y quién lo realizó; lo que se recolecte deberá ser depositado en forma provisional, en un contenedor que sea seguro, que esté cerrado y retirado de aulas y edificios, con lo anterior se busca evitar tener una imagen negativa, además de la proliferación de fauna. Los datos que se obtengan de la recolección, se registrarán en una base de datos a cargo de la coordinación general.



Figura 3. Contenedores que se instalarán en la institución

El acopio del PET no se llevará a cabo con solo colocar los contenedores, en primer lugar se debe crear una cultura ambiental en los miembros de la institución [5], para generar actitudes de acopio y/o separación, se realizarán las siguientes acciones:

- Conferencia-exposición a los miembros de la comunidad académica y estudiantil.
 - o Se promoverá en la comunidad estudiantil el uso y reuso del PET.
 - o Se pueden fabricar portalámparas, cortinas, cestos para la basura, entre otras cosas [6].
- Campaña de acopio: por cada 10 o más botellas de PET que una persona (docente, alumno o administrativo) entregue al equipo, se le regalará un objeto representativo de la institución, tal como un llavero, pluma o calcomanía con la imagen de la mascota oficial.



Figura 4. Diferentes formas de re-uso del PET.

Separación y envío

La separación se llevará a cabo en el momento en que el equipo esté recolectando los residuos, se espera que aunque los contenedores especifiquen que tipo de residuos deben ser colocados allí, no todos los miembros de la institución lo realizarán, por lo que los miembros de los equipos separarán



en bolsas negras de 147 lts el PET de los demás residuos, la figura 5 muestra las bolsas negras donde se separaba el PET durante la caracterización y el depósito propuesto para su disposición temporal. Diariamente los equipos de recolección y separación trasladarán las bolsas de PET al contenedor especialmente preparado para tal fin (especificado en la figura 1) y la coordinación general se encargará de llamar a la empresa encargada de compararlo y recolectarlo, cuando esté lleno.



Figura. 5. PET separado

4. Conclusiones

Esta propuesta se llevó a cabo con las siguientes finalidades

- Usar y/o reusar los residuos sólidos que la institución genera
- Formar/educar ambientalmente a los miembros de la institución creando una cultura del acopio y reciclaje de los residuos sólidos, no solo en la institución, sino en cualquier lugar donde una persona se encuentre.
- Promover que la institución busque ser ambientalmente sustentable
- Promover entre los estudiantes el trabajo en equipo
- Incentivar económicamente a los miembros de los equipos de trabajo; esto es, el dinero que se recaude, sea usado para que asistan a Congresos, Foros y demás actividades que les permitan obtener más conocimiento sobre el medio ambiente.

Los beneficios directos para la institución serán:

- Cumplir con los requisitos que exige la certificación en el sistema de gestión ambiental, según la norma ISO 14001:2004/NMX-SAA-14001-IMNC-2004 [7].
- Ser una institución comprometida con el medio ambiente, acorde a su Visión y Misión
- Reducir significativamente la disposición final de residuos sólidos.

El PET representa el 18 % (aprox. 52 kg diarios) de los residuos que se generan en la institución, en un mes los equipos de trabajo estarían acopiando alrededor de 800 kg, aunque el precio de este material tiene variaciones, el precio promedio en Mexicali es \$2.30 [8], el costo de una caja con 90 bosas de 147 lts. y guantes como medida de seguridad, es de aprox. \$150.00 por lo que el programa estaría beneficiándose con un poco más de \$1,600.00 mensuales.

La institución ofrece en todas sus carreras la materia Desarrollo sustentable, por lo que todos los alumnos tendrán la oportunidad de realizar trabajo de campo sobre el conocimiento, acopio, transporte, disposición y reciclaje de los residuos sólidos que se generan en la institución, no solo los plásticos son susceptibles a ser acopiados y-o reciclados, sino también otros residuos que se



muestran en la tabla 2, como son: el papel/cartón, los metales, el vidrio y los orgánicos para elaborar composta.

Agradecimientos

Esta propuesta se llevó a cabo gracias a las facilidades que prestó el Departamento de Servicios Generales y la dirección del Instituto Tecnológico de Mexicali.

5. Referencias Bibliográficas

- [1] Taringa. Simbolos de reciclaje. 2012. Fecha consulta: 25/06/2012. <http://www.taringa.net/posts/info/2792831/Que-significan-los-simbolos-de-reciclaje.html>
- [2] 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.
- [3] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2012. Fecha consulta: 1/06/2012. <http://www.inegi.org.mx>
- [4] DOF. 2012. Fecha consulta: 5/06/2012. <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263.pdf>
- [5] SEDESOL. 2012. Sistema de Recolección Social Sustentable. Fecha consulta: 7/06/2012. <http://www.essene.com.mx/wp-content/uploads/2012/02/SRSS.pdf>.
- [6] Red Latinoamericana de Diseño. 2012. Imágenes PET. Fecha consulta: 9/06/2012. <http://www.rldiseno.com/red/index.php/RLD-Red-latinoamericana-de-diseno/Sustentabilidad/Message-in-a-bottle.html>
- [7] Sistemas de Gestión ambiental. 2012. Fecha consulta: 1/06/2012. www.imnc.org.mx
- [8] Universal recycling. Directorio Baja California de empresas. 2012. Fecha consulta: 23/06/2012. http://www.champoton.org/baja_california.



Validación del Instrumento de Medición de Conductas Pro-Ambientales en una Institución Educativa

¹Raúl Adalberto Morelos, ²Gabriel López Leyva, ³Isidro García Rangel, ⁴Sara Ojeda Benítez, ⁵María Isabel Bojórquez Salas, ⁶Jorge Quiroz Félix, ⁷Ana Bertha Rojas Muñoz.

Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora, km. 6.5 carretera a Sonoyta. San Luis Río Colorado, Sonora.
raul.morelos@cesues.edu.mx. ² Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali Baja California México

Resumen

El instrumento se construyó, utilizando una escala de tipo likert, que es una escala ordinal y brinda información de que un determinado puntaje tiene una actitud más favorable que otra, para ello se incorporaron situaciones en las cuales la población exprese su acuerdo o desacuerdo con enunciados referidos a prácticas de conservación o actividades relacionadas con la generación, manejo y disposición final de la basura. Se diseñó y aplicó el instrumento a sujetos con características semejantes a la muestra o población objetivo de la investigación para evaluar las conductas pro-ambientales en el manejo de residuos sólidos en los alumnos, docentes y personal administrativo y de servicios del Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora (CESUES), unidad académica San Luis Río Colorado. El objetivo es encontrar el mejor nivel de confiabilidad y validez en el instrumento de medición que dará la certeza sobre la herramienta de recolección de datos. Para las corridas de cálculo, se utilizó el programa estadístico SPSS V19.0, y se interpretaron los coeficientes de Pearson ítem-total con el fin de conocer la consistencia del instrumento, al igual que el coeficiente de alfa de Cronbach y así estimar la fiabilidad y depurarlo. Al evaluar y discutir los resultados obtenidos, se sugiere la eliminación de los ítems P2, P26, P27, P30, P31, P32, P34, P35 y P36 y así elevar la fiabilidad (alfa de Cronbach).

Palabras Clave: *Conductas proambientales, manejo de residuos sólidos, Heterogeneidad, Índice de homogeneidad, Nivel de significación.*

1. Introducción

La inferencia constituye una rama de la estadística. Las personas pueden diferir en la fuerza de sus creencias. Perlman y Cozby, mencionan que la técnica de Likert mide indirectamente las actitudes al calcular el alcance [1], en el cual alguien sostiene creencias positivas o negativas acerca del objeto de una actitud. Guilford, Taylor y Parker mencionados por [1], han argumentado que una simple pregunta general puede, en ocasiones, proporcionar una buena medida de las actitudes de los interrogados.

La Conferencia de Río de Janeiro, dentro de la agenda 21, describe que la comprensión del entorno es trascendente para la supervivencia de la humanidad, se proponen cambios en el conocimiento y las actitudes sobre el mismo [2]. En este sentido la preocupación por mejorar el medio ambiente, nos lleva a realizar y promover actividades con los alumnos, para que aprendan a mejorar su comprensión, cuidado y cambio de actitud hacia este sector [3].

Para conocer las conductas pro-ambientales de la población se requiere de un instrumento que arroje información precisa y confiable, y esto se logra, validando el instrumento. Diversas investigaciones del área de ciencias sociales muestran la importancia de este proceso, entre ellos [4], [5], [6]. En el área de la Psicología Ambiental, también se han realizado estudios en este sentido



por [7], [8], [9], [10], entre otros. Una de las escalas que comúnmente se utiliza, para evaluar comportamientos, es la escala tipo Likert [11]. Aunque existen diferentes procedimientos para estimar la confiabilidad de consistencia interna y su validez como los métodos de Kuder-Richarson, Cronbach, Sperman-Brown y el método de Hoyt, como lo marca [11], no es necesario utilizarlos todos, sino que es suficiente con utilizar sólo uno de ellos. Por lo que en este trabajo, se aplicó la metodología que se consideró la más confiable para la validación y fiabilidad del instrumento.

Si bien existen diversos estudios, el antecedente inmediato fue el realizado en la ciudad de Mexicali B.C., a estudiantes de nivel medio superior [12]. El instrumento utilizado en dicha investigación fue tomado como base, debido a que ambas ciudades tienen condiciones socioeconómicas similares características propias de la región fronteriza con Estados Unidos. Sin embargo, al ser la población objeto de estudio de nivel Universitario, fue necesario someter el instrumento al proceso de validación, atendiendo lo mencionado por Meza [4], que recomienda que se realice, ya que puede no haber la mismas características y alguna de las variables involucradas puede cambiar.

Ahora bien, el haberse aplicado el instrumento a otra institución, no quiere decir que éste también sea válido para CESUES ya que alguna de las variables involucradas puede cambiar. Por lo tanto, se tiene que realizar la validación del instrumento, aplicando a una cantidad de individuos aproximadamente igual a cinco veces el número de ítems, y así evitar correlaciones falsas, que pueden aparecer cuando el número de ítems y el número de individuos que responden la prueba, son semejantes [4].

Con el fin de conocer la consistencia interna del instrumento y depurarlo, se utilizó el tratamiento matemático y estadístico a través del paquete SPSS versión 19.0 para calcular los coeficientes de Pearson ítem-total y Alfa de Cronbach.

2. Desarrollo

El instrumento se validó con 197 sujetos del CESUES Unidad Académica San Luis. Los métodos utilizados fueron: para la correlación el índice de homogeneidad y para determinar la validez y confiabilidad el Alfa de Cronbach.

Se calculó la homogeneidad utilizando el coeficiente de correlación de Pearson ítem-total, que se realiza tomando en cuenta la correlación de las puntuaciones del total de sujetos encuestados en el ítem y la correlación de las puntuaciones en el total del test, que es la suma de las respuestas del total de ítems. Para la validez y fiabilidad se utilizó el método del cálculo del Alfa Cronbach que es una media de las correlaciones entre las variables que forman parte de la escala y se considera como un índice de solidez interna.

2.1 Índice de homogeneidad

El índice de homogeneidad, proporciona información del grado en que el ítem mide lo mismo que el universo de la prueba, es decir “el grado en que contribuye a la homogeneidad o consistencia interna del cuestionario” [13], lo que indica que ambas variables están correlacionadas estadísticamente y sustantivamente con un factor común. Si con el cuestionario se pretende evaluar determinado rasgo, deben eliminarse los ítems que tienen una correlación, cercana a cero [14]. Un alto grado de consistencia interna, permite saber cómo se desempeña una persona en un ítem, y a la vez predecir como lo harán en los demás. Por lo tanto, “La Confiabilidad es el grado en que un instrumento produce resultados consistentes y coherentes” [11]. La homogeneidad está basada en las puntuaciones de los sujetos, pero, no en el contenido o el formato del ítem. Si las correlaciones del instrumento son positivas entre sí, entonces se considera que el instrumento es homogéneo, no importando el contenido que se haya utilizado, pero, si es muy cercana a cero o no es positiva,



entonces la prueba del instrumento es heterogénea aunque el instrumento esté aparentemente midiendo el mismo rasgo, y eso significará que la pregunta no se comprendió o no se tiene conocimiento acerca del tema o el área de estudio que mide el instrumento [11]. Por otra parte [15], nos dice que “la homogeneidad es una característica necesaria, pero no suficiente, de una prueba destinada a medir un rasgo unitario”, por lo que debemos aplicar otras pruebas para demostrar la confiabilidad y validez del instrumento.

2.2 Validez y Confiabilidad

El método para medir la fiabilidad de una prueba, es el cálculo de Alfa de Cronbach [6] [16]. La ventaja del coeficiente Alfa de Cronbach es que solo requiere de una administración del instrumento de medición, y sus valores oscilan entre 0 y 1, donde 0 significa nula confiabilidad y 1 representa la confiabilidad total [11]. Este coeficiente de confiabilidad, está afectado por la heterogeneidad de los individuos que contestan la encuesta, ya que entre más heterogéneo sea el grupo de encuestados, mayor será el coeficiente de confiabilidad [4]. Este coeficiente representa la fracción de variabilidad observada entre los individuos que es verdadera y que no es atribuida a los errores de medida. El valor mínimo aceptable de fiabilidad, dependerá de la utilización que se hará del instrumento.

Se pueden aplicar varias metodologías para el mismo fin y encontrar diversos resultados al realizar las corridas de datos al instrumento de medición, para que estos resultados tengan un significado y valor heurístico es necesario que sean confiables. Ruiz Bolívar menciona que, “una alta confiabilidad, por sí sola, no garantiza buenos resultados científicos pero no puede haber resultados científicos sin instrumentos confiables” [17].

3. Resultados

Los ítems con valores de correlaciones cercanos a cero se deben reformular o se deben eliminar, ya que las correlaciones mayores de 0.10 son estadísticamente significativas [11] y la reformulación o depuración de los mismos aumenta la fiabilidad del instrumento.

Tabla 1. Resultados de correlación inter-elementos de los ítems.

Pregunta	Correlación	Pregunta	Correlación	Pregunta	Correlación
P22	0.566	P33	0.371	P10	0.203
P21	0.541	P1	0.344	P12	0.144
P5	0.536	P16	0.337	P9	0.141
P6	0.513	P18	0.330	P2	0.135
P24	0.503	P17	0.319	P26	-0.117
P7	0.496	P29	0.286	P30	0.078
P8	0.483	P25	0.276	P34	0.074
P23	0.434	P11	0.270	P35	-0.075
P4	0.433	P13	0.267	P32	-0.064
P14	0.430	P20	0.216	P31	0.060
P3	0.428	P19	0.205	P27	0.035
P15	0.380	P28	0.205	P36	0.029



Cuanto más heterogéneo sea el grupo de encuestados, mayor será la fiabilidad. Los resultados de correlación inter-elementos de los ítems que se tomaron para realizar las pruebas y que están arriba de 0.1 y debajo de -0.1; se muestran en la tabla 1, de mayor correlación a menor correlación.

A pesar de que los resultados están muy bajos en los últimos 4 ítems, eso no significa que se deben descartar, simplemente que la homogeneidad es baja.

Para calcular la validación y fiabilidad (Alfa de Cronbach), se toma como mínimo 0.6, pues se comparó los ítems con tres grupos distintos de personas (estudiantes, docentes, administrativos y servicios). Los resultados obtenidos del análisis de correlación del estudio con el programa SPSS Ver. 19, para el Alfa de Cronbach se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados para el cálculo de Alfa de Cronbach. Escala: TODAS LAS VARIABLES

Estadísticos de fiabilidad		
Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en los elementos tipificados	N de elementos
.6590	.6466	36

El Alfa de Cronbach que se obtuvo fue 0.6590 y si se eliminan los elementos que están por abajo del 0.1 de correlación entre ítems, el Alfa de Cronbach aumenta, siendo este no muy significativo. No hay un consenso definido en qué valores de Alfa de Cronbach utilizar.

Ruiz [17] muestra una manera práctica de interpretar la magnitud de un coeficiente de confiabilidad y da una escala con varios rangos. Por lo tanto, un valor de Alfa de Cronbach arriba de 0.61 ya se considera de magnitud alta para un estudio de investigación.

Al tomar en cuenta la homogeneidad, que indica que al quitar los ítems que tengan una correlación baja en base a la suma de resultados, aumentará la misma y por consiguiente el Alfa de Cronbach; los reactivos que se quitarían serían 27, 30, 31, 32, 34, 35 y 36; por lo que el Alfa de Cronbach al realizar el cálculo arroja un valor de 0.720 que es un aumento de aproximadamente 6 puntos y sigue estando dentro de la categoría (entre 0.61 – 0.8), que la considera una magnitud alta.

Tabla 3. Resultados para el cálculo de Alfa de Cronbach eliminando los ítems 27, 30, 31, 32, 34, 35, 36.

Estadísticos de fiabilidad		
Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en los elementos tipificados	N de elementos
.720	.743	29

Para aumentar la fiabilidad, se calculó un nuevo Alfa con todos los reactivos y se encontró que los ítems P2 y P26 estaban fuera del rango, por lo que también fueron eliminados y el nuevo resultado fue de 0.746; cabe señalar, que en este nuevo cálculo, se tienen dos ítems mas eliminados, con respecto al cálculo encontrado por el método de homogeneidad. La media, varianza y el nuevo coeficiente Alfa de Cronbach se muestra en la tabla No. 4 y 5. Por lo tanto la consistencia interna del instrumento de medición se mejora al eliminar los reactivos anteriores.



Tabla 4. Resultados para el cálculo del nuevo instrumento de medición.

Estadísticos de resumen de los elementos							
Estadística de fiabilidad	Media	Mínimo	Máximo	Rango	Máx/mín	Varianza	N de elementos
Medias de los elementos	3.619	1.812	4.574	2.761	2.524	.535	27
Varianzas de los elementos	1.172	.608	2.038	1.430	3.351	.100	27
Correlaciones inter-elementos	.113	-.354	.674	1.028	-1.906	.023	27

Tabla 5. Nuevo coeficiente de alfa, para el nuevo instrumento de medición.

Estadísticos de la escala para el cuestionario			
Media	Varianza	Desviación típica	N de elementos
97.72	112.347	10.599	27
Estadístico de fiabilidad			
Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en los elementos tipificados		N de elementos
.746	.775		27

4. Conclusiones

En la primera corrida, los resultados de homogeneidad consistieron en eliminar los ítems P27, P30, P31, P32, P34, P35 y P36 con un Alfa de Cronbach de 0.659.

Para mejorar el índice de confiabilidad se requirió una segunda corrida de datos la cual arrojó un Alfa de Cronbach del 0.746 mejorando en un 0.087. Basados en la interpretación del coeficiente de confiabilidad de los rangos propuestos por Ruiz Bolívar, el índice encontrado tiene una aceptación alta.

Finalmente, los ítems eliminados P2, P26, P27, P30, P31, P32, P34, P35 y P36, mejoraron la fiabilidad del instrumento en un 8.7%, el cual quedo constituido de la siguiente manera:

Factores Socio Demográficos, Conocimiento Ambiental, Creencias (austeridad, conservación y dispendio material) y Actitudes (afectiva, cognitiva y conductual).

Referencias bibliográficas

- [1] Perlman, D., & Cozby, P. (1992). *Psicología social*. México: Mc Graw Hill.
- [2] Jalisco, G. d. (2012). *Sistema de Información Geográfica Ambiental*. (Gestiona) Retrieved Marzo 8, 2012, from siga.jalisco.gob.mx/assets/documentos/TratadosInt/DeclaraRio_92.htm
- [3] Fernández Manzanal, R., Hueto Pérea de Heredia, A., Rodríguez Barreiro, L., Marcén Albero, C. (2003). "¿Qué miden las escalas de actitudes? Análisis de un ejemplo para conocer la actitud hacia los residuos urbanos". *ECOSISTEMAS, REVISTA CIENTÍFICA Y TÉCNICA DE ECOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE*, XII (2).



- [4] Meza, S., Lucero, I. (30 de Septiembre de 2008). *Validación de Instrumentos para medir conocimientos*. (UNNE, Ed.) Recuperado el 2011 de Diciembre de 10, de Universidad Nacional del Nordeste Argentina: <http://www1.unne.edu.ar/cyt/2002/09-Educacion/D-027.pdf>
- [5] Galina, E. (2007, Septiembre 22). *FaMAF*. Retrieved Agosto 16, 2011, from Facultad de Matemática, Astronomía y Física Universidad Nacional de Córdoba :
http://www.famaf.unc.edu.ar/rev_edu/documents/vol_24/24_2_Esther24-2.pdf
- [6] Ary, D., Jacobs, L. C., & Razavien, A. (1992). *Introducción a la investigación pedagógica* (2da ed., Vols. XIV-410 p). México: McGraw-Hill, 1992.
- [7] Álvarez, P., & Vega, P. (2009). "Actitudes Ambientales y Conductas Sostenibles. Implicaciones para la Educación Ambiental." *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Redalyc* , 14 (2), 245-260.
- [8] Berenger, J., Corraliza, J. A., Moreno, M., Rodríguez, L. (2002). Medida de las Actitudes Ambientales: "Propuesta de una Escala de Conciencia Ambiental (ECOBARÓMETRO)". *Intervención Psicosocial* , 11 (3), 349-358.
- [9] González, A., Amérigo, M. (1998). "Actitudes hacia el Medio Ambiente y Conducta Ecológica." *Psicothema* , 11 (1), 13-25.
- [10] Márquez Montenegro, M. I., Ojeda Benitez, S., Hidalgo Silva, H. (2007, Abril 25). "Identificación de patrones de comportamiento ambiental por tipología familiar en la generación de RSD: Estudio de Caso". Primer Encuentro Nacional de Expertos en Residuos Sólidos .
- [11] Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la Investigación* . 4ta ed.. (N. I. López, Ed.) México D.F., D.F., México: McGraw Hill. pag. 288-290.
- [12] Sara, O.-B., Lozano-Olvera, G., Arriola-Zorrilla, H., & Armijo-De Vega, C. (2004). *Conductas Pro-ambientales en el Manejo de los Residuos Sólidos en los Estudiantes del Nivel Medio Básico: Un Estudio de Caso*. Mexicali, Baja California: Universidad Autónoma de Baja California.
- [13] Ramos Álvarez, R. (2008). *Elaboración y Validación de un Cuestionario Multimedial y Multilingüe de evaluación de Autoestima*. Melilla, España: Editorial de la Universidad de Granada.
- [14] Abad, F. J., Garrido, J., Olea, J., Ponsoda, V. (2006). *Introducción a la Psicometría: Teoría Clásica de los Tests y Teoría de la Respuesta al Ítem*. Madrid, España: Universidad Autónoma de Madrid.
- [15] Brown, F. G. (1980). *Principios De La Medición En Psicología y Educación*. México: Manual Moderno.
- [16] Vallejo, P. M. (2007, Octubre 27). *Universidad Pontificia Comillas Madrid*. Retrieved Diciembre 13, 2011, from
<http://www.upcomillas.es/personal/peter/estadisticabasica/Correlacion.pdf>
- [17] Ruíz Bolívar, C. (2002). *Instrumentos de Investigación Educativa: Procedimientos para su diseño y validación*. (2da. ed.). Lara, Venezuela: Barquisemeto: Ediciones CIDEG. 266p



Conductas pro-ambientales en el Manejo de los Residuos Sólidos en una Institución Educativa

Jorge Quiroz Félix, María, Isabel Bojórquez Salas, Ana Bertha Rojas Muñoz, Gabriel López Leyva, Isidro García Rangel, Raúl Adalberto Morelos.

Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora, km. 6.5 carretera a Sonoyta. San Luis Río Colorado, Sonora.
raul.morelos@cesues.edu.mx.

Resumen

Los artículos de consumo son puestos a disposición de los individuos para la satisfacción de una necesidad, al perder "su valor" o completar su vida útil, en un contexto social, quedan sujetos a un proceso de reclasificación. Dejan de servir, caduca su función primaria y se convierten en basura. En este sentido, se ha prestado gran atención a la búsqueda no sólo de alternativas para el manejo de la basura sino también al estudio del comportamiento individual relacionado con la generación y uso de los desechos sólidos. Ante esta situación, la presente investigación se propone estudiar los comportamientos relacionados con el manejo de la basura, en estudiantes del Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora, unidad San Luis, con el propósito de obtener predictores de un comportamiento que tienda a hacer un uso racional de los recursos naturales y manejar efectivamente la basura. Para identificar las creencias, conducta, conocimiento y comportamiento ambiental, se aplicó un instrumento que incluye una escala de Likert, mismo que se validó considerando el índice de homogeneidad. Con base en los resultados se pretende desarrollar un programa de educación ambiental que propicie un cambio en las conductas de manejo no efectivo de la basura a un manejo efectivo y aprovechamiento como un recurso.

Palabras Clave: *Palabras clave: Creencias ambientales, Comportamiento ambiental, Manejo de residuos, Universidad limpia.*

1. Introducción

La crisis ecológica y problemas ambientales son repercusión de los comportamientos de las personas, que pueden tener soluciones a partir del cambio de conductas de los individuos. El deterioro ambiental es hoy en día uno de los grandes y graves problemas que se están sufriendo en el mundo, en parte por los diferentes modos de interacción ser humano-naturaleza. Tal deterioro ambiental es necesario estudiarlo a partir de las causas que lo originan para de ahí desprender soluciones coherentes a los problemas detectados de manera firme French, 1993 citado por Leal [1]. Abordar esta problemática desde el contexto individual, exige en primera instancia la búsqueda del conocimiento de cuál es la percepción del hombre sobre las consecuencias negativas que para su salud y bienestar tiene su propio comportamiento con relación al medio ambiente; la aportación de Aguilar [2] sobre el tema menciona que cada vez más, se está llegando a adquirir una conciencia ambiental, entendiendo ésta como un conjunto de valores, actitudes, creencias y normas que tienen como objeto de atención el medio ambiente en su conjunto o en aspectos particulares.

A lo largo de las últimas décadas se han generado numerosos estudios sobre el tema de conciencia ambiental y de conducta ecológica, analizados desde una perspectiva psicosocial. De acuerdo con Álvarez [3] se han realizado grandes esfuerzos en medir y explicar aquellas variables que influyen en la conciencia ambiental de forma general, diferenciando dos tipos de orientaciones en la investigación psicosocial realizada. De un lado, aquellos estudios que se centran en descubrir los



factores sociodemográficos asociados a la conciencia ambiental y de otro lado, los que partiendo del estudio de los valores, las creencias y otros constructos psicosociales, tratan de explicar las variaciones en la conciencia ambiental. Algunos de los estudios realizados sobre actitudes ambientales indican la existencia de un elevado nivel de preocupación ambiental entre la población general [2], otros estudios han obtenido bajas correlaciones entre estas actitudes y la realización de comportamientos proambientales. Estos hallazgos han llevado a plantear que una alta concienciación respecto al medio ambiente, por sí solo, no asegura la puesta en marcha de comportamientos ecológicos responsables [2].

Álvarez [3] menciona la dificultad para determinar el desarrollo de la conducta ambiental aunque los diferentes modelos teóricos coinciden en señalar la existencia de tres grandes grupos de variables para determinarla (psicológicas, socio-culturales y contextuales), las discrepancias se han intentado explicar, también, por la influencia de otros factores que median en la relación que se establece entre cada una de las variables y la realización de la conducta.

La conducta se encuentra determinada por los Factores Predisponentes, según Leal [1], son los factores que anteceden a la conducta, e incitan a la persona a actuar de una manera determinada, constituyendo su principal característica a la vez que la motivación interna que le impulsa a tomar la decisión de adoptar una conducta específica para actuar individualmente o en grupo. Destacan de entre los principales factores predisponentes los conocimientos, actitudes, creencias, valores, percepciones y variables sociodemográficas (edad, sexo, nivel socioeconómico). Temática que es abordada por la Psicología ambiental, así como la manera en la cual estas variables afectan y son afectadas por la interacción individuo-medio ambiente. Baldi [4]. Por otra parte, incursionar al campo de la educación ambiental, presenta un enorme reto al intentar promover una nueva relación de la sociedad humana con su entorno, a fin de procurar a las generaciones actuales y futuras un desarrollo personal y colectivo más justo, equitativo y sostenible, que pueda garantizar la conservación del soporte físico y biológico sobre el que se sustenta [1].

Para el desarrollo de la educación ambiental se distinguen dos modalidades, la educación ambiental formal y no formal, si bien es cierto la claridad entre las fronteras de donde inicia y termina una y otra se encuentran difusas, Leal [1] las describe como: Educación Ambiental Formal Tiene como finalidad incluir la perspectiva ambiental, como un principio didáctico, y relacionarla con las otras disciplinas del currículo. Es la que se imparte dentro del sistema público o privado de educación, o la que se realiza en las instituciones educativas reconocidas por el Estado.

Educación ambiental No Formal tiene como objetivo la transmisión de conocimientos, actitudes y valores ambientales, fuera del sistema educativo institucional, que se traduzca en acciones de cuidado y respeto por la diversidad biológica y cultural.

2. Metodología

La investigación se realizó en el (Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora) CESUES, Unidad Académica San Luis. Para evaluar el comportamiento ambiental se aplicó un instrumento, mismo que fue validado; para ello se aplicó a una muestra de 197 personas incluidos maestros, estudiantes y personal administrativo y de servicios. Para estimar la confiabilidad de consistencia interna y validez del instrumento, se utilizó el programa estadístico SPSS versión 19.0, arrojando un Alfa de Cronbach del 0.659 y basados en la interpretación del coeficiente de confiabilidad de los rangos propuestos por Ruíz [5], el índice encontrado es de una aceptación alta. Sin embargo, para incrementar el nivel de confiabilidad y validez a un 0.746 se eliminaron nueve reactivos.

El instrumento validado, quedó integrado por 41 reactivos de tipo Likert con cinco opciones de respuesta que va de totalmente de acuerdo hasta totalmente en desacuerdo, dos reactivos dicotómicos con contestación afirmativa o negativa y cinco para identificar los factores socio



demográficos. Recopila información sobre conocimiento ambiental, creencias (austeridad, conservación y dispendio material) y actitudes (afectiva, cognitiva y conductual).

Se aplicó a 1347 estudiantes inscritos en el período escolar 2011-2, en las carreras de Licenciado en Contaduría Pública (LCP), Licenciado en Administración de Empresas (LAE), Licenciado en Administración de empresas Turísticas (LAET), Licenciado en Comercio Internacional (LCI), Licenciado en Enseñanza del Idioma Inglés (LEI), Licenciado en Sistemas Computacionales Administrativos (LSCA), Ingeniero Industrial (II), Ingeniero Industrial en Electrónica (IIE) e Ingeniero Ambiental Industrial (IAI).

3. Resultados

En términos generales se puede afirmar que los estudiantes poseen cierto Conocimiento Ambiental, debido a que un 76.15% considera que la reducción es una alternativa de manejo de residuos que favorece el medio ambiente, el 79.88% estima que reusar o reutilizar significa darle un uso a un objeto evitando que este pase a formar parte de la basura; el 93.16% acepta que el reciclaje es la transformación de un residuo para convertirlo en otro objeto útil, entre otros aspectos, sin embargo se debe poner atención a los siguientes resultados: el 52.78% de los encuestados está de acuerdo en que el reúso de ciertos residuos y la compra de productos con menos empaques ayudan a la reducción de residuos sólidos, El 56.18% opinan conocer las características de los residuos. El 56.73% de los encuestados expresan que si conocen alternativas para reducir el problema de la basura. Respecto a las Creencias de Austeridad los alumnos consideran que el reciclaje es una actividad lucrativa (71.41%), que se debe consumir solo lo necesario (74.22%), adquirir solo que se va a consumir (78.52%) y que los productos adquiridos deben admitir una variedad de usos (61.52%).

En relación a la Creencia de Conservación existe consciencia en que el reúso es una alternativa de manejo de residuos que favorece el medio ambiente (82.11%) y que la escuela debe iniciar un programa de manejo integral de residuos sólidos (83.30%); el (57.62%) menciona que la separación de residuos sólidos reduce la producción de basura.

Referente a las Creencias, específicamente en cuanto a Dispendio de Material, los resultados son muy heterogéneos, en virtud de que el 91.75% manifiesta estar de acuerdo en que el reciclaje favorece el medio ambiente mientras que un 32.15% afirma que los productos desechables son indispensables y que la separación de los residuos sólidos implica mayor gasto (22.29%).

En cuanto a las Actitudes, el aspecto afectivo se refleja con muy buenos resultados debido a que el 83.20% se molesta cuando sus compañeros arrojan basura en cualquier lugar, y 87.35% externalan no estar de acuerdo en que arrojar basura en cualquier lugar sea correcto.

Los resultados obtenidos en el aspecto cognitivo de las Actitudes, son realmente elevados, el 93.24% visualiza que la basura representa un grave problema para el medio ambiente, el 85.29% está en desacuerdo en que la generación de basura sin control no afecta a nadie; asimismo la tendencia en desacuerdo acerca de que la basura arrojada en cualquier lugar no afecta a nadie es del 85.25%. Finalmente, el 82.10% rechaza el supuesto de que los problemas de la basura sólo son problema de las autoridades.

En relación a las actitudes, en el aspecto conductual, los estudiantes tienen la intención hacia la separación de la basura (47.10%), colaborar con la limpieza de la escuela (59.15%), a no imitar a sus compañeros que arrojan basura fuera de los recipientes para ello (76.84%) y en cualquier lugar, asimismo, recoger la basura si se encuentra fuera de los recipientes antes mencionados (40.45%). Por lo tanto se puede decir que su conducta se orienta hacia un manejo adecuado de la basura generada en las instalaciones de la universidad.



El Contexto Institucional describe hallazgos interesantes del pensamiento de los estudiantes. El 55.58% menciona que las instalaciones de la universidad están limpias, sin embargo, los resultados arrojan falta de claridad en cuanto al manejo de la basura pues la opinión se ve dividida en porcentajes muy similares los cuales oscilan entre el 36.16% y el 31.40%. Un 54.98% de los encuestados está de acuerdo en que la ubicación de los botes de basura es la adecuada. Se manifiesta buena disposición (74.81%) por participar en un programa de manejo de residuos, igualmente un 71.99% expresan desconocimiento de acciones emprendidas en la institución para mejorar el medio ambiente.

Existen diversos resultados al realizar las corridas de datos al instrumento de medición, para que estos resultados tengan un significado y valor heurístico es necesario que sean confiables. Ruíz [5] menciona que, “una alta confiabilidad, por sí sola, no garantiza buenos resultados científicos pero no puede haber resultados científicos sin instrumentos confiables”.

Como se muestra en el desarrollo del documento, la primera corrida de datos realizada con el programa SPSS Ver. 19, arroja un Alfa de Cronbach del 65.90% y basados en la interpretación del coeficiente de confiabilidad de los rangos, este índice encontrado tiene una aceptación alta. Sin embargo, continuando con la metodología de eliminación de correlaciones bajas para buscar una mejor fiabilidad, en una segunda corrida y al eliminar los ítems P2, P26, P27, P30, P31, P32, P34, P35 y P36, el nuevo coeficiente Alfa de Cronbach aumentó a un 74.6%, impactando en la consistencia interna; en consecuencia, el instrumento de medición se mejora. Por lo tanto, el índice de homogeneidad y Alfa de Cronbach resultantes en el estudio, sustentan la fiabilidad del instrumento y da la libertad a quienes desean utilizarlo, considerando un Alfa de 65.90% o 74.6%.

4. Conclusión

Se manifiestan conocimientos ambientales principalmente sobre reducción, reutilización y reciclaje, aspecto favorable, pues se ha evidenciado que mientras más conocimiento tiene una persona acerca de su ambiente, mejor se comportará con el mismo. Baldi [4].

Los resultados son buenos en relación a las creencias de austeridad y de conservación, sin embargo en cuanto a dispendio de material un tercio de la población considera que los productos desechables son indispensables.

El aspecto cognitivo y afectivo de las actitudes refleja resultados optimistas muy elevados, disminuyendo en el aspecto conductual.

Indican una relación positiva entre el nivel de conocimientos y de comprensión de los problemas ambientales que posee un individuo y la probabilidad de que realice acciones a favor del ambiente. Isaac-Márquez [6] – [13].

Sosa [14], menciona que el contexto institucional opera como un factor que inhibe la educación ambiental debido a que la formación ambiental no es considerada prioritaria y por lo tanto no existen los espacios, la infraestructura y los apoyos necesarios para su estudio, enseñanza y promoción, sin embargo, los estudiantes manifiestan buena disposición para participar en un programa de manejo de residuos y rechazan que los problemas de basura son problema de las autoridades.

Finalmente, se puede afirmar que existen factores predisponentes al comportamiento ambiental que permitirán desarrollar un Programa de Educación Ambiental que propicie un cambio en las conductas de desarrollo no efectivo de la basura a un manejo efectivo y aprovechamiento como recurso. El análisis y discusión de resultados generaron conclusiones que marcan la pauta para el diseño de un Programa de Educación Ambiental no formal que incluya los factores disposicionales (conocimientos, creencias y actitudes) en adición a variables demográficas y contextuales.



5. Referencias Bibliográficas

- [1] Leal, L. Consultado el 12 de agosto de 2011. Disponible en www.dialnet.unirioja.es
- [2] Aguilar, M. Consultado el 21 de mayo de 2012 de <http://digibug.ugr.es/>
- [3] Álvarez, P. y Vega, P. (Recuperado el día 22 de agosto de 2011) de <http://redalyc.uaemex.mx/>
- [4] Baldi, G. y García, E. (Consultado el 25 de mayo de 2021). Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/>
- [5] Ruíz Bolívar, C. *Instrumentos de Investigación Educativa: Procedimientos para su diseño y validación*. 2^a ed. 1998. Barquisemeto: Ediciones CIDEG. Lara, Venezuela. 266 pp.
- [6] Isaac-Márquez, R., [7] Salavarría, O., [8] Eastmond, A., [9] Ayala, M., [10] Arteaga, M.A, [11] Isaac-Márquez, A. [12] Sandoval, JL, [13] Manzanero, LA. Consultado el 16 de diciembre de 2011 en <http://redie.uabc.mx/vol13no2/contenido-isaacmarquezetal.html>.
- [14] Sosa, SB, [] Isaac-Márquez, R., [] Eastmond, ME, [] Arteaga, MA. Consultado el 19 de diciembre de 2011 en <http://www.scielo.org.mx/pdf/uc/v26n1/v26n1a3.pdf>



Percepción ambiental del riesgo en el manejo de residuos sólidos urbanos; el caso de los actores involucrados

Sara Ojeda Benítez, Martha P. Salcedo-Maldonado, Ma. Elizabeth Ramírez Barreto, Néstor Santillán Soto y O. Rafael García Cueto

Instituto de Ingeniería Universidad Autónoma de Baja California
Boulevard Benito Juárez y calle de la Norma s/n 21280
sara.ojeda.benitez@uabc.edu.mx

Resumen

La percepción y respuesta al riesgo de contaminación están formadas en contextos donde el conocimiento de los actores involucrados y la experiencia cotidiana desempeñan un papel importante como herramienta para la regulación de estos problemas, donde las decisiones de política ambiental no sólo tomen en cuenta la opinión de científicos y expertos, sino también de quienes están involucrados y de la percepción que éstos tengan en torno al problema, en este caso el manejo de residuos sólidos urbanos.. Esta investigación se realizó en tres localidades cercanas a un tiradero a cielo abierto en una zona rural de en el municipio de Mexicali, para analizar la percepción de los actores involucrados en el manejo de residuos sólidos urbanos en las etapas de generación, recolección y disposición final. Para ello se diseñaron tres instrumentos que fueron aplicados a los actores involucrados. Los resultados muestran que cada actor percibe sólo los problemas que están más cercanos a su ámbito de acción, además de no estar conscientes de los riesgos asociados a un manejo inadecuado de residuos, por lo que es necesario instrumentar programas de formación ambiental.

Palabras Clave: *Riesgo y contaminación ambiental, tiradero a cielo abierto, generación de residuos*

1. Introducción

El impacto ambiente, requiere darle mayor atención al análisis del comportamiento ambiental del hombre, así como a la interacción social, económica y ecológica, esta posición crea la necesidad de monitorear la calidad y la percepción ambiental de la población. [1] Un problema común para todas las poblaciones, es el manejo de los residuos, la magnitud de este problema esta directamente relacionadas con la cantidad de residuos producidos; a mayor generación mayor complejidad del problema, además de la carencia de espacios para ubicar sitios de tratamiento y disposición final de residuos cercanos a las población, provocan una diversidad de implicaciones sociales e impactos ambientales, de salud y sanitarios [2] [3].

Así mismo el crecimiento acelerado de la población ha propiciado que la localización de instalaciones para tratamiento y almacenamiento de residuos, se encuentren en zonas cercanas a la población, las cuales no cumplen con especificaciones de protección ambiental para selección de sitio, operación, monitoreo de diferentes instalaciones en las que se manejan residuos sólidos urbanos. Esto provoca reacciones y protestas por parte de la población afectada hacia este tipo de infraestructuras. Este fenómeno relaciona la contaminación ambiental y la exclusión social asociada a comunidades pobres [4], [5]. Estos conflictos han impulsado abordar el tema desde una perspectiva social y valorar la apreciación del riesgo que tienen los expertos en contraste con la percepción de la población afectada a través de factores como la distancia entre la instalación bajo



estudio y la residencia del encuestado, así como características personales como edad, sexo, escolaridad,[6]. Además las investigaciones empíricas sobre estos conflictos son necesarias para para la planificación y la política ambiental en las comunidades para hacer frente a la resistencia que presenta la comunidad a las instalación de infraestructura para el manejo de residuos y conocer más sobre la percepción sobre el riesgo que existe en la población cuando los sitios de disposición no son los adecuados [7] [8].

2. Desarrollo

Este estudio se realizó en una zona rural de la ciudad de Mexicali, en esta sección se presenta la estructura metodológica que se siguió para desarrollar el trabajo, se describe el sitio objeto de estudio, los sujetos procedimientos e instrumentos diseñados para la recolección de información

2.1 Descripción de la zona de estudios

El municipio de Mexicali, está formado por 14 delegaciones, el estudio sólo incluyó la delegación Venustiano Carranza en la cual se ubica el tiradero vado Carranza así como en los poblados Durango y Sonora los cuales se encuentran cercanos al sitio bajo estudio. Esta delegación se localiza al suroeste del Valle de Mexicali junto al cauce del Rio Colorado y Sierra Cucapá su extensión territorial es de 1,092.50km², su actividad económica principal es la agrícola. En esta delegación se ubica el principal vertedero a cielo abierto del Valle de Mexicali

La población, de esta delegación se calcula aproximadamente en 33,150 habitantes con una distribución en ejidos, colonias, poblados y una Comunidad indígena llamada “Cucapá El Mayor”

Este estudio se realizó en tres localidades, las cuales se seleccionaron conforme la distancia de residencia y la ubicación del sitio de disposición final “Vado Carranza”, así como la cantidad de habitantes en cada poblado.

2.2. Sujetos

Los sujetos que se seleccionaron fueron generadores, operadores del servicio de recolección y autoridades de la delegación Venustiano Carranza. De los generadores se seleccionó una muestra del total de las viviendas habitadas de las localidades Alberto Oviedo Mota, Durango y Sonora, el tamaño de la muestra, que se determinó fue con un nivel de confianza del 95 por ciento, para los poblados Durango y Sonora 123 viviendas y 153 viviendas en el poblado Alberto Oviedo Mota, en éste se ubica el tiradero Carranza, por ella esta localidad se dividió en tres sectores circulares, el primer sector circular abarco el área donde se concentra un mayor número de población, el segundo sector comprendió las periferias y el tercer sector las viviendas que se ubican a 1500 metros de distancia del sitio de disposición final. De esta forma el muestreo que se realizó fue accidental, sólo se encuestó una persona por vivienda la cual debía ser mayor de edad.

Con relación al segundo grupo -los involucrados en el servicio de recolección, se determinó que fuera un censo ya que era un grupo muy pequeño. Para el tercer grupo -las autoridades- se aplicó una entrevista.

2.3. Instrumentos

Se diseñaron tres instrumentos, el primero se elaboró para conocer la percepción de la población, se diseñó con preguntas cerradas se buscaba conocer la percepción de la población respecto a los problemas ambientales de su lugar de residencia, sobre los riesgos asociados en el manejo de residuos sólidos urbanos y las prácticas para disminuir impactos al ambiente como el reciclaje y disposición a participar en este tipo de actividades, también se incluyen preguntas para conocer el conocimiento de la población sobre el nivel de contaminación que perciben en su



ambiente inmediato en comparación con otras áreas traducido en distancia entre en lugar de residencia del encuestado y el sitio de disposición final. Así como la percepción del riesgo: el papel de la distancia del lugar de residencia al sitio bajo estudio; el área de influencia o externalidad negativa; así como intensidad de la misma en distintas coronas alrededor de las mismas y la influencia de la aceptabilidad del riesgo considerando el tiempo de residencia de los encuestados.

El segundo instrumento se aplicó para conocer la percepción de los operadores del servicio de recolección y limpia, el cual se diseñó con preguntas abiertas y cerradas se incluyeron preguntas para conocer la aceptabilidad del riesgo en relación al tiempo de exposición de los trabajadores y condiciones laborales, respecto a capacitación y cursos sobre el manejo de los residuos sólidos urbanos, aspectos que afectan el desempeño laboral. Así como la salud y seguridad laboral de los trabajadores y la percepción del riesgo: respecto quienes o que recursos naturales se ven afectados por la ubicación del vertedero Carranza.

El tercer instrumentó se aplicó a las autoridades, fue entrevista en la que se incluyeron preguntas sobre los problemas así como riesgos que enfrenta la población y la Delegación respecto al manejo de residuos sólidos urbanos, así como compromisos respecto al servicio de recolección y transporte, contaminación ambiental e imagen de los poblados que están bajo la jurisdicción de la delegación para conocer la percepción de las autoridades. Después se cuestionó sobre los criterios que se consideraron para establecer las rutas de recolección, asimismo las medidas que tienen para evitar la dispersión de residuos sólidos durante la recolección y durante el trayecto al sitio de disposición.

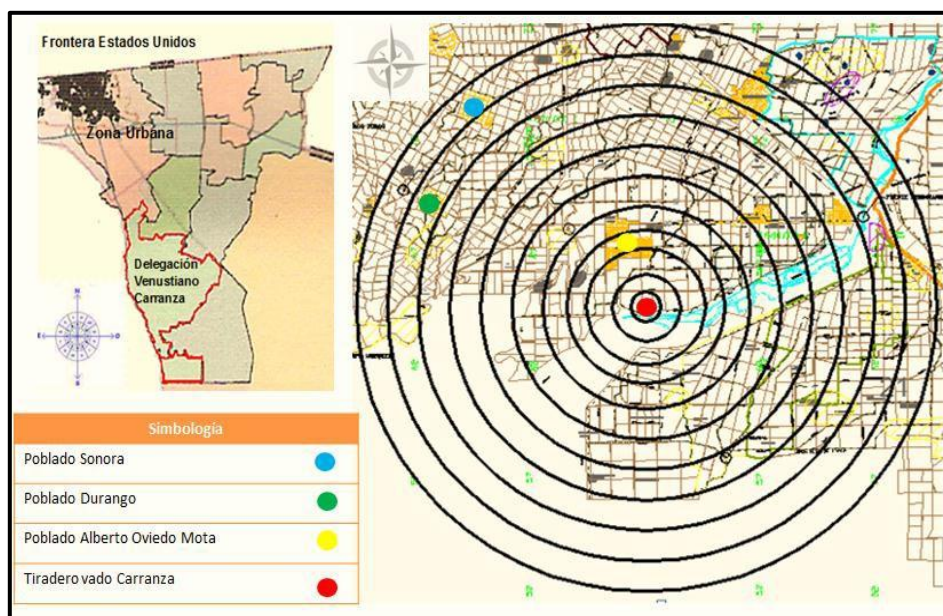


Figura 1. Localización del tiradero y áreas de influencia

2.4. Procedimiento

Para realizar la investigación se determinó el tamaño de muestra de los generadores, posteriormente se utilizó el muestreo en coronas y sectores circulares para ubicar la zona bajo estudio y trazar en sectores circulares a diferentes distancias. Las zonas bajo estudio se seleccionaron de acuerdo la distancia del lugar de residencia y el punto de partida tiradero Carranza.

Se delimitó la primera zona de influencia en 500 metros de radio a partir de la zona bajo estudio. Posteriormente se trazaron distintos sectores circulares en diferentes distancias 1500, 2000 y 3000 metros. En la figura 1 se presenta gráficamente la ubicación de la zona de estudio y se observa las



distancias que existe entre los sectores circulares. La población incluida en esta área se tomó como el objeto de investigación

3. Resultados

Los resultados muestran que la población percibe que los RSU son un problema que afecta el entorno donde viven. El 41% consideran que la basura no representa problemas para el ambiente, sólo se preocupa por que se lleven los residuos de su casa y no tiene interés sobre el tratamiento que reciben. Sobre el manejo de los residuos sólidos el 61 % está de acuerdo que es una responsabilidad compartida entre los ciudadanos y las autoridades para lograr un buen manejo de residuos. Por un lado, consideran el problema de los residuos como un asunto que compete a todos; sin embargo, la mayor parte de la población quema residuos en el patio o fuera de sus viviendas.

Esto se presentó en las tres localidades, la población no tiene interés de saber dónde se depositan los residuos, lo que más le preocupa es que se lleven la basura de su residencia. Con relación a la percepción sobre la ubicación del sitio de disposición final y los problemas que ocasionan los RSU, se encontraron diferencias. Los pobladores que están más alejados del tiradero, perciben más contaminación visual. Sin embargo, la acumulación de basura o problemas de salubridad por fauna nociva fueron de menor importancia. La percepción que tienen los generadores sobre los problemas ambientales que ocasiona la basura son la acumulación y el mal olor.

Los resultados muestran que a mayor distancia del sitio de disposición final, la población deposita su basura en tiraderos clandestinos tiraderos o la quema. El mismo fenómeno se presenta sobre el conocimiento de la población sobre la ubicación de tiradero, los habitantes de las poblaciones que se ubican a mayor distancia no saben donde está el sitio donde depositan la basura que ellos generan y tampoco saben que la basura la queman en ese lugar. A diferencia de los habitantes de la comunidad cercana, el 93% sabe que la basura que es depositada en el tiradero es quemada. La población de las tres comunidades dijo estar dispuesta a participar en prácticas para disminuir la cantidad de residuos que generan.

La percepción ambiental en la población de las tres localidades varía conforme la distancia del lugar de residencia y la ubicación del sitio de disposición final. Sobre las repercusiones a la salud y calidad de vida, se encontró que el 65 % de los habitantes del poblado donde se encuentra el sitio de disposición final perciben que estos aspectos son dañados por la práctica de quema constante. Sin embargo en el daño al medio físico sólo 30 % de la población del Oviedo Mota si percibe la contaminación de agua, suelo y aire que genera el tiradero Carranza.

Los operadores del servicio de recolección perciben que los problemas que ocasionan los residuos a la población son mal aspecto y olores desagradables, no consideran la generación de fauna nociva. Respecto los problemas y riesgos que los residuos provocan a su trabajo lo relacionan con situaciones operativas y problemas de salud, debido a malas prácticas de la gente por mezclar todo tipo de basura y utilizar contenedores inadecuados. Sobre como afecta la ubicación del tiradero al ambiente, el 30 % dicen que afecta de la salud de la población debido a que el tiradero es a cielo abierto, el 22 % lo relacionan con las prácticas de disposición, pues al quemar la basura hay contaminación, el 19 %, dice que la basura contamina el suelo esto afecta de áreas donde se tienen cultivos.

Las autoridades de la delegación perciben que los problemas generan un círculo vicioso el cual inicia con los generadores a través de malas prácticas y utilizar contenedores inadecuados, aspectos que pueden repercutir en la salud de los trabajadores. Otro problema que perciben es sobre el manejo en el tiradero Carranza, no se tiene ningún control administrativo ni ambiental, así como la presencia de pepenadores que trabajan en el sitio de disposición final. Respecto el servicio de



recolección y transporte los criterios que se tomaron para establecer las rutas fueron las localidades con mayor número de habitantes, la pena si está permitida a los operadores mientras realizan la recolección.

Sobre el tipo acciones que propone la delegación para la remediación del sitio de disposición final, el administrador mencionó que solo han cubierto con tierra algunas partes del basurero, señala que que el suelo es el que se encuentra más impactado debido a la práctica de quema constante.

Los riesgos que perciben los actores, son más complejos, los expertos señalan otros factores que influyen en la contaminación del sitio de disposición final, los cuales no son percibidos por los involucrados en el manejo de residuos. Como el caso de la contaminación por lixiviados que pueden causar contaminación en aguas superficiales y subterráneas. Así como la contaminación asociada a la quema de basura, fuente de impacto visual y problemas de toxicidad; además del alto contenido de cenizas generadas, las cuales repercuten de manera inmediata en el suelo de la zona y aire a través de migración de contaminantes que pueden ser inhalados por el ser humano y ser asimilado por la vegetación e introducido en la cadena alimenticia a partir de herbívoros o depredadores.

De manera general la autoridad de la Delegación Carranza conocen sobre los problemas del medio ambiente que provoca el sitio de disposición final; sin embargo, sólo les interesa ofrecer la mayor cantidad de poblados el servicio de transporte. Las autoridades se preocupan solo por ofrecer el servicio de recolección y transporte, sin embargo la falta de infraestructura que carece el sitio de disposición final en el cual los residuos duran de tres a cuatro días a cielo abierto para después ser quemados han propiciado contaminación por metales pesados en suelo superficial y en agua subterránea.

4. Conclusiones

La población conoce sobre los problemas del medio ambiente. Sin embargo, la percepción de los problemas que generan los residuos localmente, solo se manifiestan como molestias por el mal aspecto, limitantes para realizar algunas tareas domésticas en las tardes –como tender la ropa– debido a la ceniza y olor desagradable, por tanto no lo perciben como un riesgo al medio ambiente y de salud. En cuanto al conocimiento sobre el manejo y disposición de los residuos, la población que vive más cerca del tiradero lo conoce y sabe que se hace con la basura; perciben que las prácticas realizadas en el mismo, repercuten en la salud y calidad de vida debido a la quema diaria. Sin embargo, lo consideran como algo positivo para el empleo. La baja identificación de la contaminación al medio físico está muy influenciada por su apego al lugar.

5. Referencias Bibliográficas

- [1] Sosa, M, J Alcalá, Soto, R y Lebgue T Quintana, C Percepción ambiental de estudiantes universitarios a través de variables medioambientales. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 2008 4 (2):178 -184.
- [2] Nájera, Aguilar, H. A. *Manejo de residuos sólidos no peligrosos en Palacios*, en Silva, R., (Coord.) 2009, Estudios ambientales y riesgos naturales, Colección Jaguar UNICACH, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, México, pp.129-163
- [3] Owusu, G. Social effects of poor sanitation and waste management on poor urban communities: a neighborhood-specific study of Sabon Zongo, Accra. *Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability* 2010: 3, 145-160.



- [4] Bush, j. Moffat, S. Dunn, C. Even the birds round here cough: stigma, air pollution and health in Tesside. *Health Place*. 2001: 7(1):47-56.
- [5] Johnson R.J y Scicchitano, M.J Don't call me NIMBY: Public attitudes toward solid waste facilities. *Environment and Behavior*. 2012: 44(3) 410-426
- [6] Okeke, C.U. & Armour, A. Post-landfill siting perceptions of nearby residents: a case study of Halton landfill. **20**, 137-154 (2000).
- [7] Wakefield S. y Elliott, S. J. "Environmental risk perception and well-being: effects of the landfill siting process in two southern Ontario communities," *Social Science & Medicine* 2000: 50, 1139-1154.
- [8] Wolskin M & Devilee J. The motives for accepting or rejecting waste infrastructure facilities. Shifting the focus from the planners perspective to fairness and community commitment. *Journal of Environmental Planning and Management* 2009:c52 (2) 217-236.



Población vulnerable en la ciudad de Mexicali por la incineración de llantas a cielo abierto.

Ma. Elizabeth Ramírez Barreto, Deniss Fonseca Páez, Onofre R. García Cueto, Sara Ojeda Benítez.

Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California. Boulevard Benito Juárez, s/n Mexicali, B.C. México.
Tel. 566-41-50. E-mai: eramirez@uabc.edu.mx.

Resumen

La quema de llantas de desecho a cielo abierto representa un riesgo para el medio físico y más aun para la población por los riesgos a la salud y pérdidas materiales que representa. En este trabajo se propone un análisis a través de un sistema de información geográfico para encontrar la población más vulnerable en la ciudad de Mexicali por incineración de llantas a cielo abierto. A través del mismo se encontró que entre los habitantes asentados en el suroeste de la ciudad se localiza la población más vulnerable a incendios provocados por la quema incontrolada de llantas debido al mal manejo de este tipo de residuos. Estos resultados constituyen un apoyo en la toma de decisiones para proponer medidas de protección, así como emprender campañas informativas, educativas y de manejo integral de residuos, dirigidas de manera más puntual a las zonas y sectores de la población que presentan mayores problemas por el manejo inadecuado de llantas de desecho.

Palabras Clave: *Cielo abierto, incineración, llantas, población vulnerable.*

1. Introducción

Los tiraderos de llantas tienen relación con el consumo, generación de este residuo y su manejo. En la frontera norte del país, como es el caso de Mexicali, el asunto se agrava con la importación de llantas usadas. [1]. La generación de este residuo ha ido en aumento en gran parte por el incremento del parque vehicular debido a la facilidad de importar automóviles usados a bajo costo, así como por el alto consumo de llantas usadas de importación [2]. Las llantas usadas por su corta vida útil deben ser reemplazadas con mayor frecuencia lo que provoca una mayor generación y acumulación.

Existe interés por conocer el impacto que estos residuos provocan al medio físico al contaminar el agua, aire, suelo y a la población en general [3]-[8]. Sin embargo, poco se hace por conocer a quienes afecta más o en forma directa. El impacto no es igual en toda la población, hay áreas y grupos más vulnerables que el resto. Es por ello que se busca localizar a la población más vulnerable en la ciudad de Mexicali. Los resultados permitirán implementar medidas y políticas para proteger a esta parte de la población y emprender campañas informativas, educativas y de manejo dirigidas a quienes se ven más afectados por el manejo inadecuado de llantas de desecho.

2. Desarrollo

El área de estudio es la zona urbana de la ciudad de Mexicali en México. Se utilizó la base de datos de INEGI del programa IRIS-SCINCE [7], la cual se actualizó con información de campo. Se consideraron índices de marginación urbana para medir la exclusión de la población de bienes y servicios, generados por CONAPO [8], con cuatro dimensiones y diez indicadores socioeconómicos. Se realizaron recorridos por la ciudad para localizar llanteras o comercios de



llantas y tiraderos clandestinos y con la ayuda de un sistema de posicionamiento geográfico (GPS) se ubicaron espacialmente. Además, se conformó una base de datos de incendios que involucraran llantas a partir de reportes proporcionados por el departamento de bomberos. Con todo ello se construyó una base de datos a través del programa ArcGIS v.9.3 para crear un sistema de información geográfico y realizar un análisis para identificar las zonas donde se presenta población más vulnerable debido a los incendios provocados por el mal manejo de llantas de desecho.

3. Resultados y discusión

En este apartado se presenta el análisis de la localización de los sitios de interés, comercios de llantas, tiraderos clandestinos, así como de incendios ocurridos en el año del 2010 donde se involucran llantas, además de las condiciones de la población para definir las zonas donde se encuentra la población más vulnerable.

3.1 Comercios de llantas y tiraderos

La localización de los comercios de llantas es importante, así como las características que presentan en cuanto a seguridad en el manejo y control de riesgos, cantidad de llantas almacenadas y exposición de la población cercana. Se localizaron 186 comercios de llantas distribuidos en la mancha urbana. Del total, 26 por ciento se encontró en la sección “A”, 39 en la sección “B”, en la sección “C” se encontró el 15 por ciento y 20 por ciento en la sección “C”, en la Figura 1, se ubican los comercios de llantas localizados.

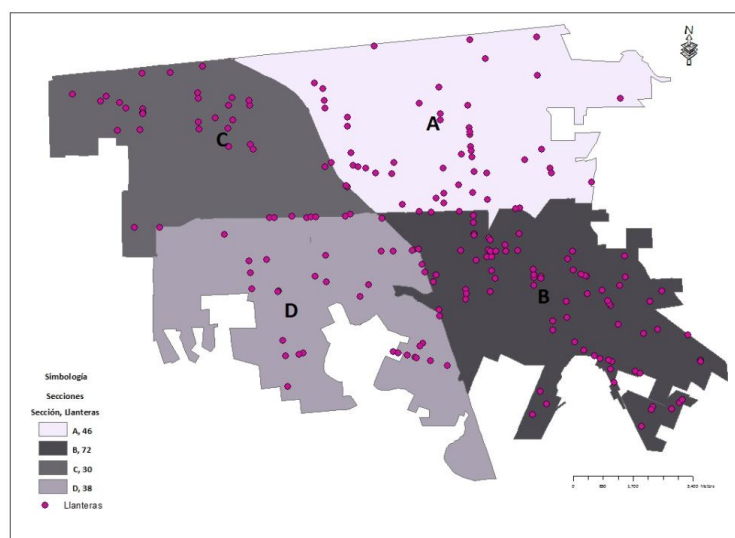


Figura 1. Localización de llanteras en la zona urbana de Mexicali

3.2 Tiraderos clandestinos

Las llantas desechadas deben almacenarse temporalmente o disponerse en lugares controlados que disminuyan cualquier riesgo. Sin embargo, son abandonadas en sitios o basureros sin ningún control, lo que provoca la proliferación de animales dañinos y afectan la imagen urbana. En la ciudad se localizaron 31 tiraderos clandestinos, distribuidos de la siguiente manera: el 51.62%, 16 sitios, se encontraron en la sección “B” dentro de la ciudad y en los límites de la mancha urbana. En la sección “A”, 19.35% o 6 sitios, localizados a las orillas de la ciudad, mientras que en la sección



“C” se encuentran el 16.13% (5 sitios), dos de ellos se encontraron cerca de la línea fronteriza y uno en los límites del área de estudio. Por último, la sección “D” presenta el 12.90%, 4 tiraderos, en los límites de la mancha urbana. La mayoría de los tiraderos se localizan en las orillas o límites de la ciudad donde hay menor control. En lugares como estos, los comerciantes de llantas usadas y trasportistas las abandonan de manera clandestina a cielo abierto y posteriormente son quemadas por otras personas para recuperar el metal de las mismas. En la Tabla 1 presenta las colonias con mayor número de casos de tiraderos clandestinos por sección.

Tabla 1 Colonias donde se encontraron tiraderos clandestinos

SECCIÓN	CANTIDAD	SITIO *	SITIO **
A	6	Villa Colonial, Coronado Residencial	Parque Industrial Mexicali IV, Col. Corregidora
B	16	Los Álamos, Misión San Vizcaino, Fracc. Orquídea, Col. González Ortega Poniente, Parque Industrial Las Californias, Saturno, Col. Satélite, Col. Emiliano Zapata	Fco. I. Madero, Valle del Colorado, Col. Venustiano Carranza, Ex Ejido Pascualitos
C	5	Col. Pueblo Nuevo, Col. Oscar Garzón, Col. Carlos Salinas, Col. Cachanilla, Col. Agua Leguas	-
D	4	Fracc. Esteban Cantú, Residencial del	Fracc. Solidaridad Social
TOTAL	31	17	7

* Colonias con un tiradero
** Colonia con dos tiraderos

3.3 Análisis de incendios

La quema de llantas a cielo abierto provoca graves problemas al ambiente, a los bienes materiales y a la salud. Las emisiones de un incendio de llantas a cielo abierto pueden representar peligros agudos a corto plazo y crónicos a largo plazo para la salud de los habitantes. En el 2010 se presentaron 856 eventos que involucraban llantas de desecho. Del total, 592 incendios ocurrieron dentro de la mancha urbana de la ciudad y el resto en la zona rural. En promedio se registraron 49 incendios por mes. En los meses de mayo, septiembre y octubre se presentaron 60, 64 y 67 respectivamente. Sólo fue posible localizar espacialmente 407 incendios, de los cuales, el 63.14 por ciento, es decir 257, se presentaron al oeste de la ciudad en las secciones “C” y “D”, mientras que el 36.86 por ciento, 150 eventos, ocurrieron del lado este de la ciudad en las secciones “A” y “B”, ver Figura 2..



Figura 2. Localización de incendios ocurridos en el 2010



Conforme a la cantidad de llantas es posible sea mayor la intensidad de los incendio y por consiguiente su extinción es más difícil, así como mayor las emisiones de contaminantes. Los incendios registrados fueron: 45 en el rango de 1 a 50 llantas con el 11.05 por ciento; entre 51 a 100 llantas, no se presentó ningún caso; de 101 a 200 llantas se registró uno o 0.25 por ciento; entre 201 a 300, se presentaron 2 incendios siendo el 0.49 por ciento, de la clasificación varias, desde 2 o más llantas se ubicaron 359 incendios o el 88.2 por ciento. La distribución por sección se encuentra en la Tabla

Tabla 2. Distribución de incendios por cantidad de llantas

Sección	Total de Incendios	Cantidad				
		1-50	51-100	101-200	201-300	varias
A	62	7				55
B	88	8			1	79
C	109	14				95
D	148	16		1	1	130
TOTAL	407	45	0	1	2	359

3.3 Población vulnerable

La vulnerabilidad se refiere a la predisposición o susceptibilidad física, económica, política o social que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir algún daño ante un fenómeno desestabilizador que se manifieste. Es así, que hablamos de la población que se encuentre cerca de estas amenazas y corra el riesgo de daño o pérdida de la salud o de un bien [9], [10]. Los resultados del análisis de amenazas ante un incendio provocado por el mal manejo de llantas de deseco se muestran en la Figura 3, donde se tienen un total de 157 incendios y dentro de estos se encontraron 5 tiraderos clandestinos y 18 comercios de llantas. El 51 por ciento de los incendios se localizaron en la sección “D”.

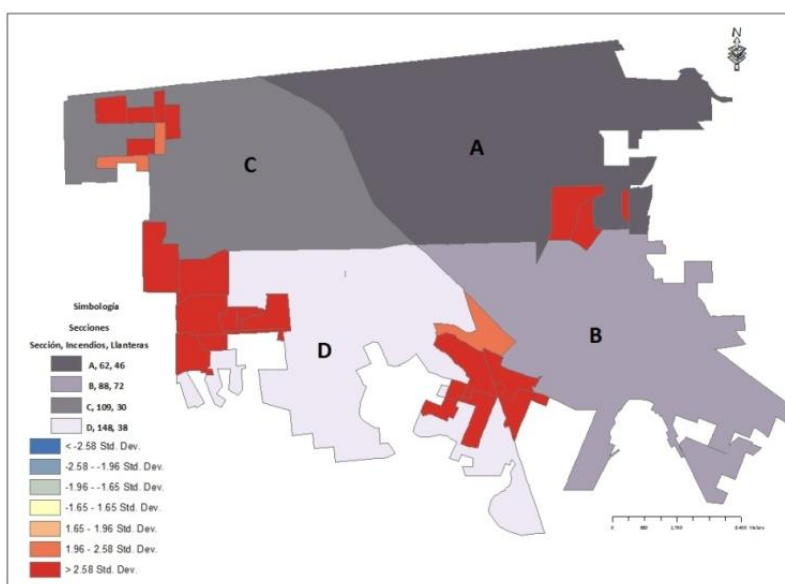


Figura 3. Clúster de incendios

La Figura 4. sintetiza las zonas con mayores amenazas de incendios por la presencia de comercios y tiraderos de llantas, antecedentes de incendios y grupos vulnerables de 0 a 4 años, mayores de 65



y mujeres. Estas zonas se pueden ver afectada en mayor medida por la manifestación de un incendio, ya sea que se encuentre en el sitio o en las cercanías del evento.

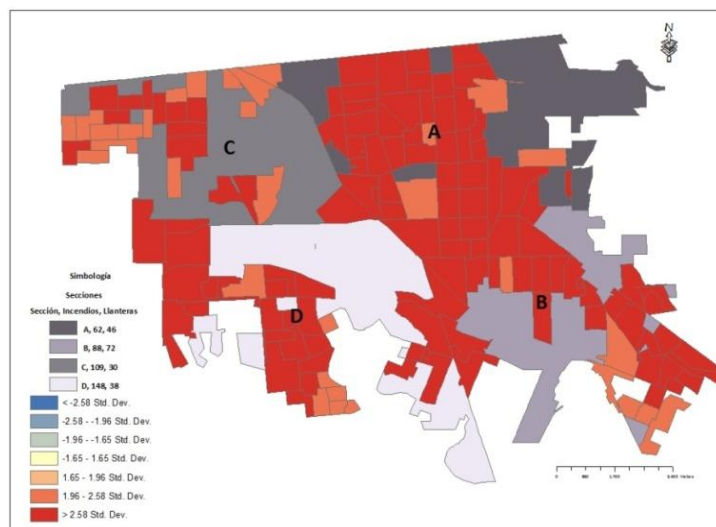


Figura 4. Zonas por grupos vulnerables y sitios con amenaza de incendio

La ciudad de Mexicali presenta un nivel muy bajo en privatización de servicios, sin embargo se presentan casos en donde los niveles son muy altos o altos y en una mayor proporción niveles medios de marginación. Finalmente, al incluir niveles de marginación en las zonas vulnerables obtuvimos el resultado que se muestra en la Figura 5. . Se encontró un total de 40,587 habitantes más expuestos a sufrir un daño; de los cuales 20,510 son mujeres; 3,474 menores entre 0 a 4 años y 1,922 adultos entre 65 años y más. Esta población se encuentra en zonas con falta de agua entubada, lo que causaría un mayor problema en caso de presentarse un incendio. Las zonas con mayores problemas se encuentran en las secciones “B”, “C” y “D”. De las tres, la última se localiza al suroeste de la ciudad y es la que presenta una mayor población vulnerable a incendios provocados por un mal manejo de llantas de desecho.

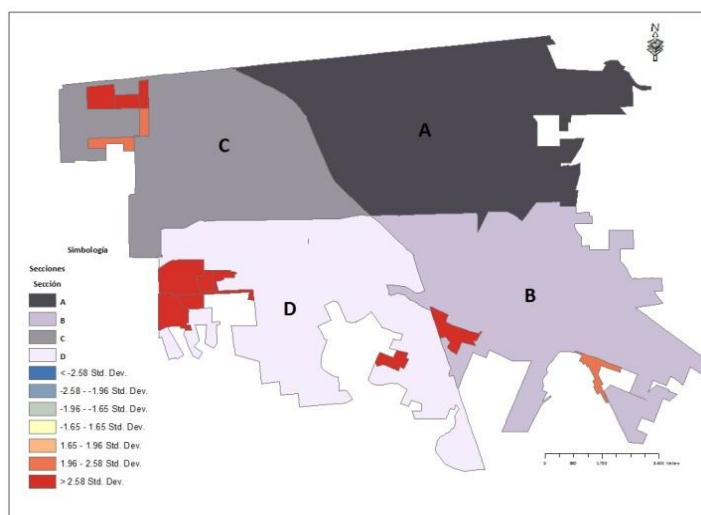


Figura 5. Zonas más vulnerables a incendios por mal manejo de llantas de desecho



4. Conclusiones

Los sitios donde se presentan con mayor frecuencia incendios y tiraderos clandestinos se localizan generalmente en zonas socialmente más desprotegidas con menor infraestructura y servicios urbanos. En estas zonas la población presenta un mayor riesgo y es más vulnerable que aquellas que cuentan un mayor nivel de infraestructura urbana y servicios públicos y las condiciones de seguridad son mejores. Es por ello, la importancia de conocer los niveles de vulnerabilidad de la población en las distintas zonas de la ciudad con el propósito de comunicar el riesgo a que están expuestos y minimizarlo a través de medidas de seguridad y un manejo más adecuado de los residuos de llantas [11], [12]. Para ello es necesario generar formas alternativas de estudiar las diversas formas de distribución urbana de las desigualdades ambientales, socioeconómicas y de salud como apoyo a los profesionales en el área ambiental y de la salud, entre otros.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma de Baja California por su soporte a través de la 14ª Convocatoria Interna de Apoyo a Proyectos de Investigación.

5. Referencias Bibliográficas

- [1] Ramírez, ME., Ojeda, S. *Desarrollo y medio ambiente de la región fronteriza México-Estados Unidos Valles de Imperial y Mexicali*. El manejo de las llantas de desecho en la frontera. 2005. SDSU. San Diego, CA.
- [2] Ojeda S., Ramírez E. “La importación de llantas usadas en Baja California”. *La Jornada Ecológica*. Número especial. Consultado en 2009 <<http://www.jornada.unam.mx/2009/06/01/ecog.html>>
- [3] Cantanhede, A., Monge, G., *Estado del arte del manejo de llantas usadas en las Américas*. Consultado el 22 de Julio del 2009, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Lima. CEPIS/OPS.
- [4] Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF). *Guía Municipal para el Manejo Integral de llantas de desecho*. Estudios estratégicos sectoriales. 2008.
- [5] Cortinas, C. *Residuos, Dengue y Otros Retos a Vencer en los Municipios*. Consultado en 2009 en <<http://www.cristinacortinas.net>>
- [6] Wik A., Dave G. “Occurrence and effects of tire wear particles in the environment – A critical review and an initial risk assessment”. *Journal of Environmental Pollution*, 157: 1–11. 2009.
- [7] INEGI. IRIS-SCINCE II Censo de población y Vivienda 2005, II Censo de Población y Vivienda 2005.
- [8] CONAPO. (2009). Comisión Nacional de Población. Índice de Marginación 2005.
- [9] Lavell, A. *Desastres Urbanos: Una Visión Global*. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. 2000. Consultado en: <<http://www.desenredando.org>>.
- [10] Cardona, O.D. La Necesidad de Repensar de Manera Holística los conceptos de Vulnerabilidad y Riesgo. “Una crítica y una Revisión Necesaria para la Gestión”. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. 2001. Consultado en: <<http://www.desenredando.org>>
- [11] Vargas, J.E. Políticas públicas para la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres naturales y socio-naturales. CEPAL. División de medio ambiente y asentamientos humanos.

Santiago de Chile. 2002. Consultado en: <<http://www.reliefweb.int/library/documents/2002/eclac-amb-30apr.pdf>>

[12] Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF). Propuesta de Estrategia y Política Pública para el Manejo Integral de Llantas de Desecho en la Región Fronteriza. Estudios estratégicos sectoriales. 2008.



Educación Ambiental para el manejo de residuos sólidos en el Municipio de Alto Lucero; “Alto Lucero Recicla”

José Adrián Utrera Mora¹, Germain Barradas Viveros y Emanuel Mora Guevara

¹Dirección de Ecología y Medio Ambiente, H. Ayuntamiento de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios
al.recicla@hotmail.com.

En el 2010 se inicia con la tesis de licenciatura en Biología titulada Educación Ambiental para la conservación de los recursos naturales y manejo de residuos sólidos en la telesecundaria José Martí de Mesa de Guadalupe, municipio de Alto Lucero, Ver. La que tuvo como objetivo la sensibilización para la separación de los RS a los alumnos, maestros y personal de intendencia de la escuela, al obtener resultados satisfactorios, estos fueron presentados a la actual administración municipal, creando así la dirección de Ecología y Medio Ambiente. De esta forma se inicia el proyecto Alto Lucero Recicla, trabajando principalmente con 18 escuelas en la separación adecuada de los RS, posteriormente se hicieron campañas para dar a conocer el proyecto como; regálame tu basura la cual consiste en salir a las calles con alumnos a pedir y recolectar los residuos a diferentes casas. Otra campaña que ha funcionado es la de ir con padres de familia a los cuerpos de agua a limpiar y recobrar los RS que son depositados en esos lugares. Con el paso del tiempo ALR incrementó el número de escuelas a 45 de 15 comunidades, de diferentes niveles educativos. Para junio del 2011 Alto Lucero Recicla obtiene el premio al Mérito Ambiental en la categoría de autoridades, por su destacada labor ambiental en el estado de Veracruz. En la actualidad se han logrado recuperar alrededor de nueve toneladas de residuos de las diferentes escuelas participantes

Palabras clave: *Alto Lucero Recicla, Educación Ambiental y residuos sólidos*

1. Introducción

En el año 2011 desde la recién formada Dirección de Ecología del municipio, se comenzó una labor en la comunidad consistente en la limpieza de las áreas verdes y cuidado de los recursos naturales enfocándolo principalmente, en las escuelas y a dar pláticas sobre el problema de la basura.

Bajo la definición de Educación Ambiental (EA), como el proceso que forma a la persona para participar en la construcción de una relación armónica entre su sociedad, [1] se dio inicio al trabajo de separación, manejo, reutilización y correcta disposición de los residuos sólidos (RS) en todas las escuelas del Municipio y se ha tenido como resultado la separación de los RS de acuerdo a su clasificación en todas las aulas y escuelas teniendo el apoyo de la mayoría de los docentes de las instituciones y formando grupos de estudiantes en las escuelas encargados de la recolección periódica en los salones y patios, y otro grupo para darle mantenimiento a su lombricomposta.

Toda esta práctica se generó a partir de la experiencia mediante la realización de la tesis de licenciatura en Biología en la escuela secundaria José Martí [2] sobre la conservación de los recursos naturales, ponderando el problema de la basura, tanto por su generación, como por el problema de los tiraderos a cielo abierto quemando de basura y mala disposición.

¡Transformando residuos; construyendo sustentabilidad!



A partir del conocimiento de este exitoso trabajo de investigación, la nueva administración crea el departamento de Ecología y Medio Ambiente en el Municipio para dar cabida a todo este tipo de acciones en bien del ambiente que hasta la fecha no se les había dado la importancia que requiere. Dicha área tiene a su cargo algunas actividades importantes como: manejo de residuos sólidos, Educación Ambiental, reforestación de terrenos y áreas circundantes a cuerpos de agua, entre muchas otras encomiendas.

2. Desarrollo

2.1 Proceso de concientización

Con la experiencia obtenida en la telesecundaria José Martí en el manejo de los RS, se creó el proyecto “Alto Lucero Recicla”; el cual dio la pauta para dar inicio a las actividades de concientización a través de la EA no formal para lograr un correcto manejo de los RS en las escuelas que aceptaron formar parte del proyecto.

Una de las primeras actividades que se realizaron fue la de invitar, personalmente y vía electrónica, principalmente, directores y docentes de las escuelas, de diferentes niveles educativos, de algunas comunidades del municipio, para presentarles el proyecto, en donde se les mostró los beneficios de la puesta en marcha de este proyecto y las actividades que se realizarían en cada una de sus escuelas, dentro de las cuales estaban la de concientizar, por parte de la dirección de ecología y medio ambiente.

2.2 Presentación y puesta en marcha del proyecto

Se les expuso el proyecto a las autoridades educativas que asistieron para que conocieran los beneficios de este y la metodología a seguir en sus escuelas y en coordinación con el área de ecología. Tal fue la aceptación que los directores accedieron a participar en el proyecto con sus respectivas escuelas.

Alto Lucero Recicla, comenzó a trabajar en sus inicios con 18 escuelas, después de haber presentado dicho proyecto, haciendo en primera instancia la labor de sensibilización al cuerpo docente de las instituciones educativas, posteriormente se dieron pláticas a los alumnos y en algunos casos a los padres de familia sobre el manejo y separación de los residuos sólidos, tomando como base el código internacional de colores para la separación de RS y modificado para la adecuación de los residuos que se generan en las escuelas todas entre suburbanas y rurales.

Una vez que se inició la separación en las escuelas se crearon dos rutas para la recolección, debido a que las escuelas están en diversas comunidades. Así una semana se hace el recorrido de la Ruta 1, y a la siguiente semana en la Ruta 2, lo que daba como resultado recolectar los residuos de cada ruta en un periodo de 15 días.

2.3 Proceso de recolección, traslado y almacenamiento de RS

Para la realización de los recorridos de recolección, se utiliza un vehículo proporcionado por el H. Ayuntamiento, el cual nos permite contener los residuos sólidos, previamente separados por cada una de las escuelas de las comunidades involucradas en el proyecto.

Posteriormente, los residuos son trasladados a una bodega donde son almacenados para después llevarlos a empresas recicladoras, las cuales nos proporcionan contenedores de materiales reciclados, mismos que son entregados las escuelas participantes para que puedan utilizarlos en el manejo y separación de R.S.

¡Transformando residuos; construyendo sustentabilidad!



2.4 Ampliación del proyecto

Dado el éxito del proyecto Alto Lucero Recicla, fueron incorporándose a este, más escuelas, lo que aumento el número de instituciones educativas participantes, lo cual derivó en el incremento de la cobertura de dicho proyecto.

Actualmente se está trabajando con 45 escuelas, de 14 comunidades del municipio, principalmente preescolares, primarias, telesecundarias y tele bachilleratos, así como también se trabaja con las bibliotecas y grupos sociales como los del *Programa Oportunidades*.

Además de estas escuelas del municipio con las que se está trabajando a habido algunas otras de otros municipios que piden que sea implementado también en sus instituciones educativas debido al interés y cercanía a nuestro municipio y/o por que pertenecen a la misma zona escolar.

2.5 Campañas

El trabajo de las escuelas ha sido extendido al exterior y desde las instituciones, se han coordinado varias campañas como; regálame tu basura, la que consiste en salir a las casas a pedir las botellas de plástico, el papel, o el cartón y latas que ya no les sean de utilidad, para posteriormente re utilizarlas o llevarlas a venta para el futuro reciclaje. Otra actividad es en conjunto con el DIF municipal, el día del niño, en donde se les rifan regalos como lo son balones deportivos, bicicletas, entre otros obsequios; para lo cual se le daba un boleto a cada uno, solicitándoles a cambio tres envases vacíos de PET, HDPE, etc., y una o dos latas de aluminio.

Otra campaña que ha funcionado exitosamente es la de ir con padres de familias y alumnos a los cuerpos de agua a recolectar los residuos que hay tirados, pero separando todo aquello que se pueda reciclar de lo que no.

3. Resultados

Los resultados obtenidos del proyecto Alto Lucero recicla, aparte de la sensibilización de la población en general, ha sido la recuperación de una gran cantidad de residuos sólidos que son destinados a ser reciclados; hasta ahora se han logrado recuperar alrededor de 10 toneladas en un lapso de 10 meses, clasificados en PET, HDPE, papel, periódico, cartón, vidrio, tetra-pack, entre otros RS, los cuales ya no serán tirados en nuestros ríos, arroyos, barrancas y tiraderos a cielo abierto o quemados contaminando así el aire que respiramos diariamente.

Así también, se puso en marcha un proyecto, para preparar lombricomposta y composta, para ello el personal de Ecología y Medio Ambiente del Ayuntamiento impartió pláticas durante algunos días primero para personas del mismo ayuntamiento interesadas en el tema. Entre los temas vistos se abordó sobre: la preparación y características de la lombricomposta y la composta común, formas, cuidados y todo lo relacionado al mantenimiento y la maquinaria utilizada para el proceso de elaboración.

Posteriormente, con residuos orgánicos provenientes de algunas casas y negocios, se comenzó a preparar en un terreno destinado por parte del ayuntamiento para el área de ecología, un centro de lombricomposta y después teniendo como punto de partida este proyecto, empezamos a impartir cursos en algunas telesecundarias que están participando en el proyecto Alto Lucero Recicla, sobre Introducción al Manejo de Residuos Sólidos Urbanos. Los cursos han sido impartidos por el personal del Departamento de Ecología, integrado por jóvenes entusiastas que han hecho la capacitación incluyendo tanto la teoría como la práctica.

¡Transformando residuos; construyendo sustentabilidad!



Con todas estas acciones se ha logrado que los niños se percaten de la importancia de tener una comunidad limpia, y segundo, que aprendieran a identificar a aquellos materiales a los cuales se les puede reciclar o bien reutilizar.

Cabe mencionar que las campañas que se han realizado, no sólo en la cabecera municipal, sino también en muchas más comunidades de este municipio de limpieza de ríos y arroyos, trajo la generación de una nueva campaña pues aunado a la presencia de la basura, se observó que muchos de los cuerpos de agua se veían reducidos en sus caudales, por lo que nos dimos a la tarea de comenzar campañas de reforestación de las zonas circundantes a ellos.

Las campañas de reforestación, se han llevado a cabo en diversos ríos y arroyos pertenecientes al municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios y son afluentes del río Actopan, tan importante para la región, para lo cual invitamos a alumnos de las diferentes escuelas de las comunidades cercanas a esos cuerpos de agua para que nos apoyen para sembrarlos. También nos han apoyado padres de familia y personas interesadas en preservar nuestros recursos naturales para las generaciones futuras. Y los árboles han sido proporcionados por la: SEDEMA y CONAFOR, así también se busca que sean árboles acordes a las áreas a reforestar como en este caso son áreas circundantes a cuerpos de agua.

Dentro del marco del proyecto Alto Lucero Recicla y tomándole la importancia que requiere la reforestación y creación de áreas verdes en nuestro municipio y en todo nuestro medio, se han estado entregando árboles y plantas de ornato a las escuelas para que sean sembrados y puedan así crear sus propias áreas verdes aunadas al programa de separación y manejo correcto de los residuos.

En el año 2011, la Secretaría de Medio Ambiente, lanza la convocatoria para el premio al mérito ambiental, para conmemorar el día mundial del medio ambiente, dividido en cinco categorías, para lo cual, el área de Ecología y Medio Ambiente del municipio de Alto Lucero, participó en la categoría de autoridades locales con el proyecto antes mencionado; en los primeros días de junio se recibió la notificación de que se había ganado el premio, en la categoría antes mencionada, y el día 5 de junio fue la premiación en el jardín botánico “Francisco Javier Clavijero”, en el marco de los festejos del día mundial del medio ambiente.

4. Conclusión

Con las campañas desarrolladas, se logró que los niños fueran más sensibles y aprendieran la importancia de tener una comunidad limpia, y segundo, que aprendieran a identificar a aquellos materiales a los cuales se les puede reciclar o bien reutilizar. Cabe mencionar que estas campañas se han realizado, no sólo en la cabecera municipal, sino también en muchas más comunidades de este municipio.

En la actualidad todos los municipios padecen de problemas serios con la generación, manejo y disposición final de los residuos sólidos, ya que pocos cuentan con programas de separación y rellenos sanitarios, por lo tanto, lo más fácil para ellos es depositarlos en un tiradero a cielo abierto, que bien puede estar junto a un arroyo o barranca dañando así nuestros recursos naturales, pero el verdadero problema es que hay muy pocos municipios que estén interesados en el mejoramiento de esta situación.

Con el proyecto Alto Lucero Recicla el municipio dio inicio al manejo de los residuos en las escuelas y tenemos claro que con las actividades del proyecto no se puede mejorar del todo el problema que estos traen, pero si es dar un primer gran paso a la concientización de los niños, adolescentes y jóvenes de las escuelas participantes, con esto se concluye que con la Educación Ambiental se puede mejorar el manejo de los residuos sólidos urbanos.

¡Transformando residuos; construyendo sustentabilidad!



5. Referencias Bibliográficas.

- [1] González, E. 2002. “La educación ambiental en México ante los retos de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible”. Revista de Vinculación y Ciencia de la Universidad de Guadalajara 10.
- [2] Utrera M. J. A. *Educación Ambiental para la conservación de los recursos naturales y manejo de residuos sólidos en la telesecundaria JOSE MARTI de Mesa de Guadalupe, Alto Lucero, Ver.* 2010. Tesis. Facultad de Biología-Xalapa. Universidad Veracruzana. Pp. 79

¡Transformando residuos; construyendo sustentabilidad!





Educación ambiental orientada a los residuos sólidos desde una perspectiva social en Guadalupe Victoria, Valle de Mexicali

¹Ana M. Vázquez Espinoza, ²Gisela Montero Alpírez, ^{2,3}Conrado García González, ²Marcos A. Coronado Ortega, ¹Angélica Flores González

¹Escuela de Ingeniería y Negocios, Guadalupe Victoria. Universidad Autónoma de Baja California, México Carretera estatal No. 3 Col. Gutiérrez, anyvazquez@uabc.edu.mx

²Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California

³Instituto Tecnológico de Mexicali, Academia de Química y Bioquímica

Resumen

Guadalupe Victoria está ubicada en el Valle de Mexicali perteneciente a uno de los cinco municipios que conforman Baja California, con una población de 16,665 habitantes. Esta comunidad carece de infraestructura urbana y de rellenos sanitarios, ocasionando un desborde de basura doméstica, como son plásticos, cartón, papel, latas y materia orgánica, que es desechada en áreas no permitidas, las cuales terminan contaminadas y convirtiéndose en focos de infección. Se generan, aproximadamente 16 toneladas de basura al año. Considerando esta problemática, la Escuela de Ingeniería y Negocios, Guadalupe Victoria (EINGV) de la Universidad Autónoma de Baja California diseñó un programa de servicio social denominado Reciclaje en la EINGV con la intención de que los estudiantes universitarios, impartan educación ambiental sobre reciclaje de residuos sólidos domésticos. Se trabajó con niños de las escuelas primarias de Guadalupe Victoria y sus alrededores con la intención de formar una cultura y transmitirla a todas las personas que conforman su familia, creando conciencia y favoreciendo a los habitantes de la comunidad. En el 2010, 25 alumnos universitarios visitaron 11 escuelas atendiendo 1083 niños. Durante las actividades realizadas se aplicaron encuestas a los niños, directores y alumnos universitarios. Esto se logró estableciendo estrategias de enseñanza y principalmente con el uso de diversos materiales didácticos, diseñados por los propios estudiantes, los cuales fueron utilizados como guía durante los talleres y pláticas, con el fin de formar la cultura de reciclaje y darle una disposición adecuada a los residuos sólidos. En este trabajo se presentan los principales resultados del programa.

Palabras clave: *Educación ambiental, estrategias de enseñanza, residuos sólidos*

1. Introducción

Los residuos sólidos que resulta inevitable generar de acuerdo a las necesidades de las familias en Guadalupe Victoria son: materia orgánica, papel, aluminio, cartón, vidrio y plástico, y que resultan típicos de acuerdo a lo reportado por Ojeda [1], [2]. La generación de estos residuos sólidos origina un problema en esta comunidad y sus alrededores, ya que forman parte de la zona agrícola del municipio Mexicali, donde falta infraestructura urbana, por lo que en algunos casos presenta problemas de contaminación, como el caso de los rellenos sanitarios.

La saturación de los rellenos sanitarios es muy frecuente, tal es el caso de los dos rellenos sanitarios de Guadalupe Victoria que ya se encuentran cerrados. Actualmente no se cuentan con rellenos sanitarios propios, por lo que es necesario trasladar los residuos sólidos a otros lugares, es por ello la necesidad de fomentar una cultura ambiental y reciclaje entre los habitantes de esta ciudad y sus alrededores buscando la manera de disminuir la basura para evitar la saturación de



los rellenos sanitarios, por lo que surge el programa de servicio social *Reciclaje en la Escuela de EINGV*, de la Universidad Autónoma de Baja California [3].

Este programa de servicio social aprovecha el interés de los alumnos por compartir los conocimientos, incrementar su cultura y afianzar valores, y surge con la finalidad de fomentar la cultura ambiental en los niños y jóvenes que viven en nuestra comunidad y en los alrededores, a través de las experiencias de los prestadores de servicio social.

El programa de servicio social comunitario que los estudiantes universitarios realizan es el conjunto de actividades formativas y de aplicación de conocimientos que realizan, de manera obligatoria y temporal y principalmente donde el estudiante universitario adquiere valores [4].

Buscando involucrar a la comunidad en el aprovechamiento de los residuos que genera, es necesario promover una cultura ambiental, con el propósito de concientizar a la población sobre el impacto que provocan en el ambiente los residuos que generan y la posibilidad de aprovechar una parte cada vez mayor de estos residuos, pues existe un beneficio, sobre todo ecológico, al separar los residuos sólidos de su basura [5].

La educación ambiental o educación para el desarrollo sustentable no solo se refiere a la enseñanza de la ecología, sino también a la toma de conciencia y asimilación de conceptos sobre los procesos que ocasionan o previenen el deterioro ambiental y el aprovechamiento racional de los recursos naturales [6].

La idea de desarrollar alternativas para formar una conciencia ambiental en escuelas de educación básica y en los habitantes de las comunidades que se encuentran a su alrededor, surge a su vez del interés en fomentar valores ético-ciudadanos en los estudiantes universitarios de la Escuela de Ingeniería y Negocios, Guadalupe Victoria en torno a la importancia del reciclaje de Residuos sólidos. Transmitir la *cultura y valores* sobre la protección y cuidado al *medio ambiente* en los prestadores de servicio social y la comunidad en general, así como la reutilización de residuos sólidos (papel, cartón, aluminio, plástico, vidrio y materia orgánica) y por último proyectar la importancia de Reciclar y cuidar el medio ambiente en las comunidades de Guadalupe Victoria a través de las escuelas primarias y secundarias, son los principales objetivos del programa *Reciclaje en la EINGV* [3].

2. Desarrollo

Utilizamos técnicas y estrategias de la teoría del constructivismo, capacitando a los estudiantes universitarios (prestadores de servicio social comunitario) para que el alumno se sensibilizara y a la vez conociera los objetivos del programa; esto se logró con un taller donde se le da a conocer la información teórica sobre el tema de reciclaje, los objetivos y metas del servicio comunitario y del programa, así como algunas sugerencias que pudieran complementar la optimización de los resultados, a través del fomento a la creatividad de los mismos, recurriendo a estrategias didáctico pedagógicas de cómo transmitir la información a las escuelas primarias.

En la figura 1 se muestra el diagrama del proceso que los estudiantes universitarios realizan en el programa de servicio social comunitario *Reciclaje en la EINGV*, iniciando con la integración de los equipos y taller de capacitación por parte del supervisor donde presenta los objetivos y cronograma de las actividades para llevar a cabo el servicio social. Se hace mención de los problemas de contaminación que son más frecuentes en nuestra comunidad, así como las principales alternativas para solucionarlos, se discuten ideas de cómo sensibilizar a los niños y jóvenes, en el tema del medio ambiente.

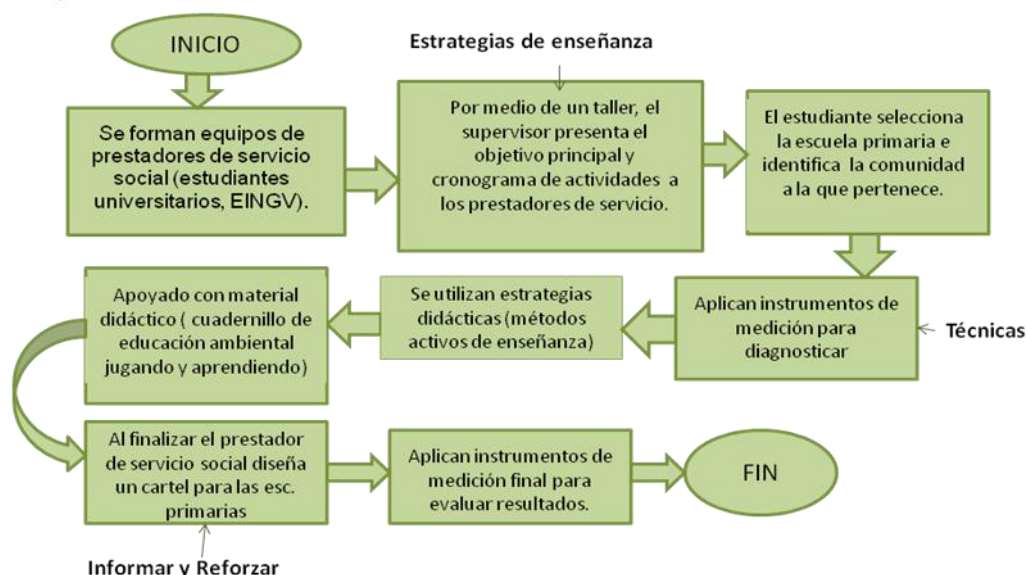


Figura. 1. Diagrama del proceso Reciclaje en la EINGV

Posteriormente se pasa a localizar las escuelas primarias más cercanas a las zonas donde se presentan mayor tipo de problemas de contaminación (Falta de relleno sanitario y pavimentación).

El estudiante selecciona la escuela primaria; en ocasiones los jóvenes universitarios pertenecientes al programa de *Reciclaje en la EINGV*, pertenecen a las comunidades donde se encuentran las escuelas participantes: identifica, aplican instrumentos al inicio y final de las actividades para la evaluación del programa. Para transmitir la información sobre reciclaje y medio ambiente se utilizan estrategias didácticas apoyadas a su vez por material didáctico (cuadernillo de educación ambiental jugando y aprendiendo) para finalizar, el estudiante diseña un cartel con información sobre el tema (ver Figuras 2 y 3).



Figuras. 2 y 3. El prestador de servicio social inicia sus actividades

Los valores y el compromiso social son los puntos principales que hacen fuerte a este programa de servicio social comunitario.

Por otra parte, una forma para cumplir nuestros objetivos educativos en las diversas escuelas de la localidad, es apoyándonos en el uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC's), ya que a través de ellas, el prestador de servicio social comunitario, puede diseñar material de soporte pedagógico, así como obtener información actualizada para transmitir a los niños la cultura del reciclaje.



Asimismo, el estudiante universitario es el que se encarga de proponer alternativas de material didáctico como son: juegos, folletos, carteles, videos, diagramas, etc. para reforzar las estrategias de educación ambiental que utilizará con los talleres de las escuelas participantes, (ver Figura. 4).



Figuras. 4. *Estudiantes de la EIN GV elaborando su material didáctico*

El 100% del material didáctico de apoyo es de residuos sólidos que se desechan, con la intención de que el niño conozca los materiales que son eliminados en sus hogares y que una vez reciclados pueden ser usados para fabricar otros productos. La transformación de los residuos sólidos es a través de las artes plásticas y de la utilización y función de éstos.

Una vez autorizado el material didáctico apropiado para cumplir con el objetivo del programa, el prestador de servicio social realiza 3 visitas a las escuelas primarias donde impartió una plática a los niños de diferentes grados de primaria, (ver Figuras 5 y 6).



Figuras. 5 y 6. *Pintando: actividades con material reciclado*

3. Resultados y discusión

Con un total de 25 estudiantes universitarios se logró atender 11 escuelas primarias en el Valle de Mexicali con un total de 1083 alumnos atendidos de la siguiente manera:

Durante semestre 2010-1 Debido a la actividad sísmica ocurrida el 4 de abril de 2010 la mayoría de las escuelas dejaron de funcionar. Buscando apoyar a las escuelas de los poblados que reiniciaron sus actividades en carpas se realizaron talleres sobre el reciclaje como parte del apoyo a su enseñanza logrando atender 346 niños, debido a la baja asistencia que presentaban las escuelas. En total se asistieron 4 escuelas, (Benito Juárez, Salvador Varela, Chiapas I y Melchor Ocampo)



del valle de Mexicali cercanas a Guadalupe Victoria. Y durante el semestre 2010-2 se trabajaron con 7 escuelas (esc. primaria estado 29, Lázaro Cárdenas, Tlaxcala, La corregidora, Poeta Sansón Flores, Benemérito de las Américas y Aquiles Serdán con un total de 737 alumnos atendidos durante el semestre 2010-2 Figura 7.

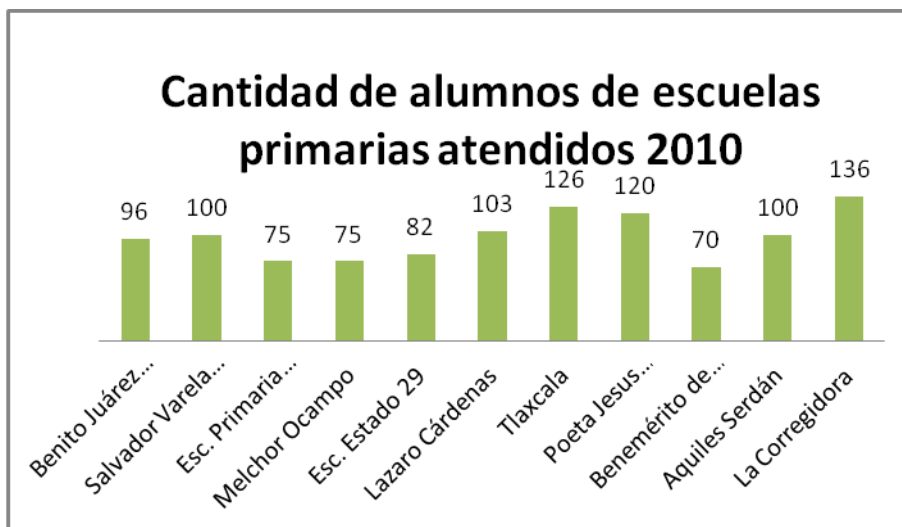


Figura. 7. Alumnos de escuelas primarias participantes durante 2010

Los resultados obtenidos con este programa nos indican que la educación ambiental impartida a niveles básicos, por universitarios que han sido concientizados de la problemática social de su comunidad, es esencial en el éxito logrado.

Teniendo en cuenta que el estudiante universitario refuerza sus valores y cultura por proteger al medio ambiente, a través del reciclaje, reflejándolo en los niños quienes llevan la información a sus familias, consiguiendo un sentido más profundo de comprensión de cada individuo con respecto a la separación, reutilización y el reciclaje de las actividades para que no se consideran simplemente como tareas tediosas. Además tomando en cuenta que actualmente se encuentra una empresa recicladora de algunos desechos domésticos.

Desde el 2008 a la Fecha el programa presenta constante crecimiento. La mayoría de los estudiantes universitarios que ingresan de las diferentes comunidades del valle de Mexicali deciden participar en el programa de servicio social para apoyar a las comunidades a la que pertenecen.

4. Conclusiones

Cabe destacar que, los estudiantes formados en la cultura del cuidado del medio ambiente y el reciclaje, lograron desarrollar y aplicar las estrategias, para transmitir de manera paulatina sus conocimientos a los integrantes de sus respectivas familias y a los niños de nivel básico. Estos a su vez, se convirtieron en educadores ambientales en sus núcleos familiares, logrando un efecto multiplicador que supera los 25 universitarios y 1083 niños reportados.

Asimismo, se han adquirido experiencias al ver fortalecidos valores éticos en el estudiante, y principalmente revalorar su cultura comunitaria, al transmitir a niños información de reciclaje a favor del medio ambiente, y a través de ellos a sus familiares, contribuyendo a reforzar valores éticos y culturales.

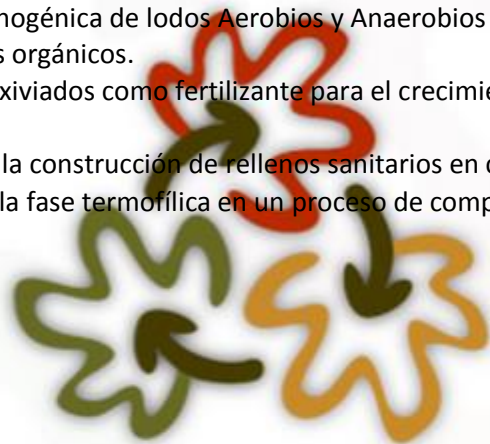


5. Referencias Bibliográficas

- [1] Ojeda-Benítez S, Armijo de Vega C, Ramírez-Barreto ME, The potential for Recycling Household Waste: a case Study from Mexicali, Mexico, October 2000, Vol 12 No 2 Pag. 163-173.
- [2] Ojeda-Benitez S, Armijo-de Vega C, Marquez-Montenegro MY, Household Solid Waste Characterization by Family Socioeconomic Profile as Unit of Analysis, 2008 Pag. 992–999.
- [3] Reporte No. 3, (2010). Programa de Servicio Social denominado Reciclaje en la EIN-GV , etc.
- [4] Artículo 3 del Capítulo 1 de reglamento de servicio social de la Universidad Autónoma de Baja California.
- [5] Ojeda Benítez S, Muñoz Lujan R, González Navarro FF, Análisis Estadístico del Comportamiento de los Residuos Sólidos domiciliarios en una Comunidad Urbana, vol. 10, núm. junio de 1998, Pag. 65-76.
- [6] Silvan Laurie; Quintero N. Margarito Contaminación y medio Ambiente en Baja California, Editorial Universitaria, diciembre 2006 Pag.159.

MESA 5: TECNOLOGÍAS PARA EL MANEJO DE RESIDUOS

- Sostenibilidad productiva y revaloración de subproductos en la biorefinería de la caña de azúcar
- Estimación del potencial de reducción de emisiones de metano
- Lombricompostaje: Una alternativa útil en el manejo de los residuos orgánicos: El Caso de la facultad de Biología-Xalapa
- Comparación de cinco tipos de cultivo de *Pleurotus* spp para el escalamiento del proceso de biodegradación de pañales desechables
- Actividad Metanogénica de lodos Aerobios y Anaerobios empleados en codigestión de residuos sólidos orgánicos.
- Aplicación de Lixiviados como fertilizante para el crecimiento de la calabaza(*Cucurbita* sp L)
- Importancia de la construcción de rellenos sanitarios en ciudades en desarrollo
- Modelación de la fase termofílica en un proceso de composteo



5° Encuentro Nacional de Expertos en Residuos sólidos

“Transformando residuos, construyendo sustentabilidad”

XALAPA, VERACRUZ 2012



Sostenibilidad productiva y revalorización de subproductos en la biorefinería de la caña de azúcar

¹Noé Aguilar Rivera, ²Jorge Alejandro Rosas, ¹Daniel Arturo Rodríguez Lagunes,
¹Adolfo Castillo Moran

¹ Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Córdoba Ver.
naguilar@uv.mx

²Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas Orizaba Ver.

Resumen

En el presente trabajo se evaluaron esquemas productivos comerciales, en la transición hacia la biorefinería, basados en el análisis fisicoquímico y la revalorización de subproductos de un ingenio azucarero (bagazo y medula, cachaza y residuos de cosecha) para la obtención sostenible de alimentos pecuarios, composta, bagazo y residuos de cosecha hidrolizados y hongos comestibles. Para el análisis de los subproductos y productos finales se emplearon técnicas analíticas y para las producciones sostenibles se emplearon los residuos de cosecha y bagazo integral, subproductos de un ingenio azucarero de la región centro de Veracruz, el cual es de capacidad media (9,138 t. caña/día) y genera bagazo integral (304,636 t.), medula (14,900 t.), cachazas (55,344 t.), melazas (42,323 t.) y residuos de cosecha (RAC): punta y hojas verdes y secas (15,320 t) por zafra azucarera. El bagazo se sometió a hidrólisis con vapor de agua en un reactor isotérmico tipo batch generar alimento pecuario y mejorar la digestibilidad de la fibra y posteriormente los residuos de cosecha para azúcares fermentables variando las concentraciones de H₂SO₄, temperatura y tiempo de hidrólisis modelándose la cinética de reacción por el método de superficie de respuesta con diseño factorial 3³ con dos repeticiones. En la producción de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus* se empleo bagazo integral y residuos de cosecha mediante técnicas evaluadas en otros sustratos, para la composta se empleo cachaza, medula o bagacillo y cenizas. Los resultados de los productos finales establecieron que es posible emplear estos subproductos en la revalorización de la industria azucarera.

Palabras Clave: *Diversificación productiva, Industria azucarera, residuos*

1. Introducción

La caña de azúcar es uno de los cultivos más eficientes desde el punto de vista fotosintético. Este cultivo es capaz de fijar entre el 2-3% de la radiación solar, con una acumulación promedia de 30% de materia seca, de los cuales 15% corresponde en promedio a fibra (materia insoluble) y 15% a los sólidos totales solubles (brix % caña). El cultivo de la caña de azúcar en México fue establecido por Hernán Cortés entre 1522-1525. La importancia de la caña de azúcar radica tradicionalmente por el producto primario obtenido, que es la sacarosa. Sin embargo, tiene muchos usos potenciales y es un sector productivo que presenta una fuerte dinámica basada en su carácter social, económico y político de la agroindustria nacional y la creación de empresas a partir de los subproductos del proceso del azúcar (biorefinería de la caña de azúcar) ha sido discutida ampliamente por académicos e investigadores como una alternativa y una estrategia lógica y económicamente ventajosa de desarrollo para incrementar la competitividad y la



sostenibilidad. Por lo tanto, los proyectos de biorefinería deben partir del conocimiento científico de los productos, coproductos y subproductos (bagazo, residuos de cosecha, cachazas etc.) de la industria azucarera debido a que sus potencialidades se derivan del volumen que se generan en la zafra y de su composición físico-química (azúcares, carbohidratos estructurales del complejo ligno-celulósico y material inorgánico), los cuales ofrecen diferentes posibilidades de industrialización con diversas rutas físicas, químicas y biotecnológicas en la biorefinería. En el presente trabajo se evaluaron esquemas productivos comerciales en la transición hacia la biorefinería, basados en el análisis físicoquímico y la revalorización de subproductos de un ingenio azucarero de la región centro de Veracruz, para la obtención sostenible de alimentos pecuarios, composta, bagazo y residuos de cosecha hidrolizados y hongos comestibles.

2. Desarrollo

2.1 Análisis de los subproductos

Los componentes adjuntos al procesamiento de la caña de azúcar no representan una importancia económica relevante bajo el criterio de la empresa azucarera, son considerados subproductos o residuos de la transformación de la materia prima. En este sentido los subproductos ligno-celulósicos y la cachaza presentan una composición físicoquímica particular los cuales ofrecen diferentes posibilidades de industrialización con diversas rutas físicas, químicas y biotecnológicas (Tablas 1 y 2).

Tabla 1. Composición de los residuos de cosecha y bagazo integral [1]

Componentes (%)	RAC	Fibra de bagazo	Bagazo integral
Extractivos ETOH-Tolueno	3.4	3.8	4.6
Extractivos ETOH	2.7	2.5	7.5
Extractivos H ₂ O	3.7	4.2	1.3
Lignina	24.5	20.7	20.3
Holocelulosa	78.7	76	74.7
α celulosa	47	46.5	45.7
Pentosas	25.6	25.2	22.4

Tabla 2. Composición de los lodos de filtros o cachazas [2]

Componente (%)	Valor	Componente (%)	Valor
Humedad	70.72	MgO	0.66
Densidad (g/L ⁻¹)	180	Carbono (C)	20
P ₂ O ₅	3.21	Relación C/N	38.40
K ₂ O	0.24	pH en agua	7.22
CaO	2.94	Materia orgánica	64.03
N ₂ total	0.81	SO ₄ ⁼	0.97
Si	0.27	Extracto en C ₆ H ₆	14
Proteína cruda	16	Bagacillo	25
Sacarosa y ART	14	Cenizas	12

2.3 Hidrolisis con vapor de agua para alimento pecuario



La producción de bagazo hidrolizado consiste en alimentar bagazo integral (fibra y medula) en un reactor presurizado con vapor saturado y sobrecalentado para lograr la hidrólisis de la hemicelulosas y celulosa así como el rompimiento del complejo: Celulosa-Lignina-Hemicelulosas para obtener azúcares de fácil asimilación por el rumen de los animales. Para este objetivo, se evaluó el proceso MOTZORONGO [3].

2.4 Hidrolisis ácida para azúcares fermentables

El proceso de hidrólisis para obtener azúcares fermentables AFT a partir de residuos de cosecha cañero se llevó a cabo para evaluar el efecto del tiempo de reacción, la temperatura y la concentración de ácido sulfúrico [H_2SO_4 : 0,5, 1,0 y 1,5%, w / w)] en la producción de azúcares fermentables a 60, 90 y 120 minutos de hidrólisis y relación sólido a líquido 1:10, en base seca en un reactor discontinuo. La determinación de los azúcares fermentables o hidrolizados recuperados (%) fue evaluada por el método de Saeman a través de un diseño factorial 3^3 con dos repeticiones con respecto a las interacciones de la concentración de ácido (AC), temperatura (TEMP) y el tiempo (T). Así mismo se desarrolló un modelo cinético para las condiciones óptimas de la hidrólisis, basado en dos reacciones consecutivas de pseudo primer orden para la sacarificación promedio.

2.5 Producción de hongos comestibles

Se evaluó la biomasa de la caña de azúcar (residuo de cosecha, bagazo desmedulado y bagazo integral) de manera individual y mezclados como sustratos para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. La mezcla se esterilizó y se depositó en bolsas de polietileno antes de inocularse, se estudiaron los periodos de colonización y fructificación, rendimiento, eficiencia biológica y un análisis bromatológico de los cuerpos de fructificación de acuerdo a [1].

2.6 Compostaje para abono

Por cada tonelada de tallos molidos en el proceso de transformación agroindustrial, se extraen 250 kg de bagazo, 6 kg de cenizas, 45 kg de melaza y 30 kg de cachaza. Generalmente, estos subproductos, son usados en el proceso de compostaje ya que constituyen un problema de contaminación ambiental, por la gran cantidad de residuos que se generan anualmente y que en forma permanente alterarían irreversiblemente los ecosistemas cercanos a los ingenios azucareros; por lo que se les debe dar una salida, gestionándolos de la manera más económica, social y ambientalmente posible. El compostaje es una alternativa a la problemática de contaminación de los desechos orgánicos que se generan en la industria del azúcar para producir una enmienda orgánica o fertilizante orgánico estabilizándola a través de métodos simples y tradicionales de compostaje técnicamente factible de realizar y sin mayores inversiones en equipamientos pudiendo devolver una rentabilidad razonable mediante su aprovechamiento en predios cañeros, hortalizas, frutales o eventuales mercados para ello, se evaluó el proceso MOTZORONGO [3] de producción de composta.

3. Resultados y discusión

3.1 Hidrolisis con vapor de agua para alimento pecuario

En el tratamiento del bagazo integral, la hidrólisis con vapor o auto hidrolisis ha sido la tecnología más utilizada para la obtención de un alimento pecuario rico en azúcares asimilables por el ganado aumentando la digestibilidad y palatabilidad al transformar parcialmente las cadenas de polisacáridos que forman la biomasa en sus monómeros elementales que posteriormente son convertidos a doble propósito (leche y carne). El proceso MOTZORONGO



(Tabla 3) es un método eficaz que permitió la conversión de carbohidratos originales (celulosa y hemicelulosa) del residuo lignocelulósico azucarero (bagazo de caña) a azúcares asimilables por el ganado del total presentes en el bagazo en base seca.

Tabla 3. Efecto de la auto hidrolisis en la composición de bagazo integral

Componentes	Bagazo integral	Bagazo hidrolizado	Conversión (%)
Materia seca %	48	32	33.33
Proteína bruta %	1.86	1.67	10.22
Fibra bruta %	45	35	22.22
Celulosa %	45	43	4.44
Hemicelulosas %	23	3	86.96
Lignina %	14.9	15.1	1.34
Azúcares solubles %	48.6	55	13.17
Energía Metabolizable (cal/kg)	0.80	2.40	200.00
Digestibilidad en vivo (%)	30	65	116.67

3.2 Hidrolisis acida para azúcares fermentables

Al llevar a efecto el diseño factorial 3^3 con dos repeticiones, se recopiló información de los AFT (%), con respecto a los efectos de la concentración de ácido (%), en volumen, temperatura y tiempo. A través de este análisis de datos en el software estadístico, se observó que los valores obtenidos relacionaron el efecto de la (AC) concentración de ácido y la (TEMP) temperatura, aunada a la relación AC*TEMP fueron las variables altamente significativas para llevar a efecto la hidrólisis del residuo ligno-celulósico para la obtención de azúcares fermentables (AFT); también se obtuvo que R^2 (0.93849) fue significativo al observar el valor ideal, para considerarse dentro de los parámetros de correlación entre las variables: ello permitió estudiar la relación entre variables dependientes e independientes con el número óptimo de experimentos al pronosticar los valores de las variables en la relación (AC-TEMP) encontrando los valores máximos de producción de AFT (Tabla 4).

Tabla 4. Valores máximos de producción de AFT

AF (%)	H ₂ SO ₄ (%V)	Temperatura (°C)
17.1778	1.5	160
16.097	1.5	100
16.05	1.5	130
15.7133	1.0	160

Para proceder a hacer el análisis cinético de hidrólisis de residuos cañeros de cosecha fue necesario situar en un sistema tridimensional las variables independientes concentración de ácido sulfúrico, temperatura y la variable dependiente AFT, y se le dio solución a través de Excel y se resolvió por método matricial para investigar los factores que sirvieran para determinar la ecuación modelo (Y: AFT molL⁻¹, X₁: ácido sulfúrico %, X₂ Temperatura °C):

$$\text{Modelo } Y' = -10.830114 + 22.3378444(X_1) + 0.07505037(X_2) - 7.1239111 (X_1^2)$$



Los valores óptimos por superficie de respuesta fueron temperatura 150 °C, acidez 1.0 % V/V. y como respuesta la concentración óptima de AFT fue 15.634 % mol/L. Con esta información se deduce por el comportamiento cinético que la reacción de hidrólisis es de 2 reacciones consecutivas, una pseudoprimer orden y otra de segundo orden [4].

3.3. Producción de hongos comestibles

Los resultados con eficiencia biológica y análisis bromatológico en relación a proteína, fibra bruta y carbohidratos, son satisfactorios comparable a otros sustratos comerciales (Tablas 5 y 6).

Tabla 5. Eficiencia Biológica promedio de *P. ostreatus* en subproductos de caña de azúcar

Tratamientos Sustrato	Eficiencia Biológica (%)
Fibra de Bagazo	66.64
RAC	106.64
Bagazo integral	70.09
Mezcla	103.50

Tabla 6. Análisis Bromatológico Base Seca (BS) de hongos *Pleurotus ostreatus* obtenido en diversos sustratos de caña de azúcar

Sustratos	Componente (%)	Humedad	Cenizas	Grasas	Fibra Cruda	Proteína	ELN
	Fibra de Bagazo	17.12	7.82	1.79	12.39	19.68	41.20
	RAC	17.45	6.28	1.48	12.83	17.18	44.78
	Bagazo Integral	18.41	5.81	1.94	12.89	15.81	45.14
	Mezcla RAC-BI	17.2	6.64	1.85	12.65	21.25	40.41

Esta información permitió demostrar las características alimenticias del *Pleurotus ostreatus*, pero sobre todo, poner en evidencia las características superiores de los sustratos de caña de azúcar, para su utilización en la producción masiva del hongo *Pleurotus ostreatus* con mayores niveles de inclusión en la dieta debido a que la inoculación del hongo sobre los sustratos incrementó la biodegradación de la materia orgánica, principalmente lignocelulosa (Fibra cruda), y aumentó la formación de proteínas por el metabolismo del hongo y mejores propiedades de digestibilidad de los sustratos remanentes para su utilización posterior en alimentación animal.

3.4 Compostaje para abono

El compostaje complementa las actividades económicas y agro-industriales del ingenio azucarero, al tiempo que resuelve la problemática de disposición de los efluentes. La técnica empleada consistió en la imitación o inducción al proceso natural de compostaje aeróbico. La mezcla de sustrato a compostar (bagacillo o medula, cenizas y cachaza) fue conducida por vías de biodegradación lo más apropiado posible, con poco uso de maquinaria, en el menor tiempo posible y con el control de variables fundamentales como relación C/N, temperatura y pH, posteriormente se cribó para obtener un material final homogéneo y fino (Tabla 7).



Tabla 7. Composición de la composta de subproductos de la industria azucarera [3]

Componente	%
Nitrógeno	2.50
Fósforo	0.60
Potasio	1.20
Calcio	1.40
Magnesio	0.24
Materia orgánica	54
pH	6.8
Relación C/N	12:1
Humedad	20-30

Para que una composta, como enmienda orgánica, se considere con aplicaciones comerciales la relación Carbono-Nitrógeno (C/N) no podrá ser mayor de veinte/uno (20/1), con una humedad inferior al veinticinco por ciento (25%). Las tolerancias serán: materia orgánica diez por ciento en menos (-10%) y humedad diez por ciento de más (+10%). Por lo tanto este producto puede emplearse satisfactoriamente.

4. Conclusión.

El éxito de los proyectos de biorefinería evaluados a nivel industrial, donde la composición de los productos, coproductos y subproductos juega un papel fundamental, dependerá de la capacidad de los involucrados para transformar ventajas comparativas derivadas de su ubicación geográfica y de las características económicas y tecnológicas que existen en esa ubicación, en ventajas competitivas dinámicas con un plan prospectivo y adoptar una visión holística, capaces de mantenerse a través del tiempo, considerar aspectos tan importantes como las relaciones sociales que se generan alrededor de los proyectos, las que salen de la esfera impersonal del mercado; es decir, la aplicación de los programas de gestión ambiental involucra, además, aquellos procesos de interacción institucional en los cuales se promueven los procesos de planeación ambiental y participación comunitaria. Una buena gestión ambiental en la agroindustria de la caña de azúcar debe reconocer los actores involucrados en la problemática ambiental (la comunidad, la autoridad local y ambiental, etc.), e interactuar con ellos para alcanzar los objetivos comunes de biorefinería [4].

5. Referencias bibliográficas.

- [1] De Jesús Merales J., Aguilar-Rivera N. "Edible mushroom *Pleurotus ostreatus* production on cellulosic biomass of sugar cane". *Springer Sugar Tech* Vol. 12, No. 2. 2010, pp. 25-28
- [2] Aguilar Rivera N., Rodriguez Lagunes D.A., Castillo Moran A. "Azúcar, coproductos y subproductos en la diversificación de la agroindustria de la caña de azúcar". *Revista procesos Virtuales* Vol. 106, No. 11. 2011, pp. 1-28
- [3] Enríquez Poy M., Prado R. "Improving productivity in sugar mills by integrating co-products utilization" *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.*, Vol. 27, 2010, pp. 2-13
- [4] Aguilar Rivera N., Rodriguez Lagunes D.A., Castillo Moran A. Herrera Solano A., Murguía Gonzalez J. "Productive diversification from sugar cane lignocellulosic byproducts" *International*



5° Encuentro Nacional de
Expertos en Residuos Sólidos.
Transformando residuos, construyendo sustentabilidad.

Sugar Journal. Vol. 114, No. 1359, 2012, pp.179-182.



Estimación del potencial de reducción de emisiones de metano

¹Quetzalli Aguilar-Virgen, ¹Paul A. Taboada-González, ²Sara Ojeda-Benitez

¹ Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, UABC. Calzada Universidad No. 14418 Parque Industrial Internacional Tijuana C.P. 22427. Tijuana, B.C. México email: gaguilarv@gmail.com ²Instituto de Ingeniería, UABC

Resumen

El entierro de los residuos sólidos urbanos se ha presentado como una elección favorable y económica para su disposición final. Sin embargo, el escenario de recolección y disposición en el RESA, sin ningún tratamiento anterior o posterior, es el que mayor contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero. El objetivo de esta investigación fue estimar el potencial de reducción de emisiones de metano en cinco comunidades (tres urbanas, Mexicali, Tijuana y Ensenada; y dos rurales, San Quintín y Vicente Guerrero) de Baja California, México. La estimación del potencial de reducción de emisiones de metano se llevó a cabo en dos etapas: 1) se realizó un estudio de caracterización de residuos, y 2) se siguieron los lineamientos propuestos por SCS Engineers del Modelo Mexicano de Biogás Versión 2.0. Los resultados muestran una gran cantidad de materia orgánica (aproximadamente el 66%), la cual es uno de los factores principales en el proceso anaeróbico de los residuos. En cuanto a la reducción de emisiones de CH₄ llegará a ser de 6,308,526 ton durante un período de 16 años. Con esta reducción se podría obtener, considerando el precio por ton de CO₂e en el mercado de bonos de carbono, un beneficio económico de USD \$69 millones.

Palabras Clave: *biogás, gases de efecto invernadero, relleno sanitario, residuos sólidos domésticos, vertederos*

1. Introducción

El relleno sanitario (RESA) se presenta como una elección favorable para la disposición final de los residuos sólidos (RS), se ha considerado el método más económico y ambientalmente más aceptable [1], [2]. El RESA es definido como un sistema que está diseñado y construido para disponer los residuos desechados por entierro para reducir al mínimo la liberación de contaminantes al ambiente [1]. Sin embargo, el escenario de recolección y disposición en el RESA, sin ningún tratamiento anterior o posterior es el que mayor contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Esto es debido a la degradación anaeróbica y aeróbica descontrolada de los residuos orgánicos [2], [3]. A nivel mundial, los rellenos representan la tercera fuente más grande de emisiones antropogénicas de CH₄, lo que constituye aproximadamente el 13 por ciento de las emisiones mundiales de CH₄, o un valor equivalente a más de 818 millones de toneladas métricas de carbono equivalente –MMTCO₂e– [4], [5]. El CO₂e es usado para comparar las capacidades de diferentes gases de efecto invernadero que atrapan el calor en la atmosfera [3].

De hecho el CH₄ tiene una equivalencia en cuanto a su contribución al efecto invernadero de 21 veces la del CO₂, debido a su mayor coeficiente de absorción molar de la radiación infrarroja y largo tiempo de residencia en la atmósfera [3], [6]. Por lo tanto, la captura y combustión del CH₄ en un quemador de biogás, un motor generador u otro dispositivo, resulta en una reducción neta sustancial de emisiones de GEI que contribuye al calentamiento global. Obteniendo además beneficios económicos a través del Protocolo de Kioto, estos derivados de la venta de créditos por la reducción de emisiones de GEI, además de la venta de energía.



Los factores más importantes que interfieren en la generación de biogás de un RESA son cantidad total de material orgánico depositado, su edad y su contenido de humedad, las técnicas de compactación usadas, la temperatura y el tipo de residuo, así como el tamaño de las partículas, los nutrientes, entre otros [4], [7], [8].

El control y el uso de este biogás requieren de la estimación, con una certidumbre razonable, tanto la producción diaria como la producción acumulativa de CH_4 en el largo plazo. Tales valores son usualmente calculados con expresiones matemáticas que consideran 100 por ciento de conversión [2]. La literatura especializada muestra diversos modelos que son empleados para predecir la producción de CH_4 , tales como: el Método de la Tier 3 [9], Método IPCC [7], [10], [11], Modelo de la EPA [7], [12], y Modelo Mexicano de Biogás [13]. Con esta información, se puede obtener la reducción de emisiones de CH_4 a la atmósfera. En todos los modelos, se requiere conocer la composición de residuos.

El objetivo de esta investigación fue estimar el potencial de reducción de emisiones de CH_4 en cinco comunidades (tres urbanas, Mexicali –MXL–, Tijuana –TIJ– y Ensenada –ENS–; y dos rurales, San Quintín –SQ– y Vicente Guerrero –VG–) de Baja California, México.

2. Material y Métodos

2.1 Caracterización de residuos sólidos domésticos

Los estudios se realizaron en MXL (en tres periodos estacionales), TIJ (un periodo estacional), ENS (en dos periodos estacionales), SQ y VG (ambas en dos periodos estacionales). Debido a la disponibilidad de información e infraestructura, la duración y el tamaño de muestras fueron distintas en las cinco comunidades. En MXL, el análisis de residuos se realizó en los camiones que recorren una ruta en un día de recolección durante tres días. Las muestras fueron de aproximadamente 450 kg/día. En TIJ, la metodología de recolección de muestras fue de casa por casa, recolectándose en total 316 bolsas de basura de 86 casas habitación durante un periodo de cinco días. En ENS, SQ y VG, el análisis se realizó durante cinco días consecutivos en cada comunidad. Las muestras en cada sitio se tomaron de los residuos depositados por los camiones recolectores municipales en los SDF y fueron de aproximadamente 260 kg/día en ENS, y de 100 kg/día en SQ y VG. El tamaño de las muestras en las cuatro comunidades fueron cantidades mayores a la propuesta en la norma mexicana NMX-AA-015-1985, pero acorde con otras investigaciones [14], [15]. Los residuos de las muestras se clasificaron, pesaron y registraron. Para el registro de los subproductos se utilizó la ficha de registro indicada en la norma mexicana NMX-AA-022-1985. Los subproductos se agruparon en 14 categorías de acuerdo con lo propuesto por SCS Engineers [13].

2.2. Estimación del potencial de reducción de emisiones de gas metano

La composición de RSD se empleó para estimar la reducción de emisiones de metano a la atmósfera. Para ello, se usó la hoja de cálculo de Excel® del Modelo Mexicano de Biogás Versión 2.0 propuesta por SCS Engineers [13]. Los requerimientos para la estimación incluyen información sobre las condiciones de operación del sitio de disposición final (SDF), por lo que se hicieron observaciones y se entablaron entrevistas con el personal a cargo de las operaciones del sitio.

El modelo estima el índice de generación de biogás para cada año y con éste la reducción de emisiones de CH_4 y CO_2e , usando la ecuación de degradación de primer grado (ver ecuación 1), la cual fue modificada por USEPA en el Modelo LandGEM versión 3.02 en el 2005.

$$Q_{LFG} = \sum_{t=1}^n \sum_{j=0.1}^1 2kL_0 \left[\frac{Mi}{10} \right] (e^{-kt_{ij}})(MCF)(F) \quad (1)$$



donde QLFG es el flujo de biogás máximo esperado ($\text{m}^3/\text{año}$), i es el incremento en tiempo de un año, n es el año del cálculo - año inicial de disposición de residuos, j es el incremento de tiempo en 0.1 años, k es el índice de generación de metano ($1/\text{año}$), L_0 es la generación potencial de metano (m^3/Ton), M_i es la masa de residuos dispuestos en el año i (Ton), t_{ij} es la edad de la sección j de la masa de residuos M_i dispuestas en el año i (años decimales), MCF es el factor de corrección de metano, F es el factor de ajuste por incendios.

Las reducciones de emisiones no toman en cuenta la generación de electricidad o las emisiones del proyecto y es calculada usando una densidad de CH_4 de $0.0007168 \text{ Ton}/\text{m}^3$ a temperatura estándar y una fracción de CH_4 promedio de $0.5 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{m}^3\text{LFG}$ [13].

3. Resultados y Discusión

3.1 Caracterización de residuos sólidos domésticos

En la Tabla 1 se muestra la composición de los RSD de MXL, TIJ, ENS, SQ y VG. Se puede apreciar que el porcentaje de componentes orgánicos promedio total de las comunidades estudiadas es de aproximadamente 66% y los componentes inorgánicos es de 34%. TIJ presenta el de mayor porcentaje de residuos orgánicos con 76.75%, posteriormente ENS con 68.57%, MXL con 66.43% y por último las dos comunidades rurales SQ y VG con 62.42% y 58.15% respectivamente. La diferencia en los porcentajes orgánicos puede deberse a la forma de recolección de las muestras, ya que en TIJ fue recolección casa por casa y en los otros sitios de estudio fue directamente de los camiones recolectores.

Tabla 1. Composición de los RSD en porcentaje (%) de los sitios de estudio de Baja California, México

Subproductos de los RSD	MXL	TIJ	ENS	SQ	VG
Comida	7.64	36.63	36.20	30.15	26.54
Papel y Cartón	21.37	12.05	11.36	10.33	8.59
Poda (jardines)	20.48	18.05	3.20	4.12	8.48
Madera	1.70	0.56	0.35	0.46	0.28
Caucho, Piel, Huesos y Paja	0.14	0.00	0.22	0.40	0.46
Textiles	9.70	0.00	6.24	8.98	5.78
Papel Higiénico	4.30	8.59	10.72	7.79	8.03
Otros Orgánicos	1.10	0.87	0.28	0.17	0.00
Pañales	3.18	5.12	5.83	8.93	14.07
Metales	2.95	2.50	2.56	2.98	2.33
Construcción y Demolición	1.79	0.00	0.72	1.47	0.24
Vidrio y Cerámica	6.04	3.42	4.73	3.41	4.88
Plásticos	15.50	7.53	12.34	15.31	14.60
Otros Inorgánicos	4.11	4.68	5.26	5.48	5.73

3.2. Estimación del potencial de reducción de emisiones de gas metano

Los resultados de las observaciones *in situ* y entrevistas con el personal a cargo de las operaciones



de los SDF se muestran en la Tabla 2. Es importante destacar que el incremento anual estimado de la disposición de residuos en Baja California de acuerdo con cifras reportadas por la SEMARNAT [16] es del 5%.

Tabla 2. Operación de los sitios de estudio de Baja California, México

Aspectos de los SDF	MXL	TIJ	ENS	SQ	VG
Disposición anual (ton)	187,402	511,000	132,055	34,474	28,044
Inicio de operaciones (año)	1995	2003	2004	2002	2002
Clausura de operaciones (año)	2015	2023	2018	2017	2017
Incendios?	SI	NO	NO	SI	SI
Profundidad promedio (m)	12	15	15	10	10
Cubierta inferior de geomembrana?	NO	SI	SI	NO	NO
Cobertura diaria/final?	NO/SI	SI/SI	SI/SI	NO/NO	NO/SI
Existe compactación de residuos	NO	SI	SI	NO	NO
Afloramiento de lixiviados?	NO	NO	NO	NO	NO

Tabla 3. Proyección de la reducción de emisiones de CH_4 de los sitios de estudio de Baja California, México

Año	Reducción de Emisión Estimadas									
	Ton CH_4 /año					Ton CO_2e /año				
	MXL	TIJ	ENS	SQ	VG	MXL	TIJ	ENS	SQ	VG
2009	1,415	5,316	1,184	129	103	30,468	111,627	24,861	2,713	2,169
2010	1,575	6,186	1,415	148	118	33,080	129,912	29,708	3,099	2,479
2011	1,704	7,062	1,646	166	133	35,784	148,299	34,563	3,490	2,791
2012	1,837	7,946	1,878	185	148	38,584	166,857	39,444	3,886	3,109
2013	1,976	8,841	2,113	204	163	41,486	185,652	44,369	4,290	3,431
2014	2,119	9,750	2,350	224	179	44,498	204,747	49,359	4,702	3,759
2015	2,268	10,676	2,592	244	195	47,626	224,203	54,433	5,123	4,094
2016	2,423	11,623	2,838	265	211	50,879	244,079	59,603	5,556	4,439
2017	2,322	12,592	3,090	286	228	48,771	264,442	64,891	6,001	4,794
2018	2,228	13,588	3,348	308	246	46,778	285,352	70,312	6,459	5,159
2019	2,138	14,613	3,613	289	230	44,893	306,866	75,883	6,060	4,838
2020	2,053	15,669	3,379	271	216	43,109	329,046	70,955	5,693	4,542
2021	1,972	16,760	3,163	255	203	41,419	351,955	66,424	5,355	4,268
2022	1,896	17,888	2,964	240	191	39,817	375,656	62,254	5,043	4,016
2023	1,824	19,058	2,782	226	180	38,297	400,214	58,415	4,755	3,782
2024	1,755	20,271	2,613	214	170	36,855	425,693	54,876	4,489	3,565



2025	1,690	18,980	2,458	202	160	35,484	398,578	51,613	4243	3,365

Con la información previa y asumiendo una composición media de biogás de 50% de CH₄ y 50% de CO₂, se obtienen las proyecciones de biogás y por tanto la estimación de las reducciones de CH₄ (ver Tabla 3). Se puede observar que el año de mayor generación es el posterior a la clausura en las cinco comunidades.

Al comparar los resultados obtenidos en la presente investigación en el SDF de Ensenada con los obtenidos por SCS Engineers [17] en el RESA clausurado de Ensenada, se tiene que el potencial de las reducciones de emisiones estimadas en el mismo periodo de CH₄ y CO₂e sería del 23%, es decir, 77% menor a la reportada en la presente investigación. Esta diferencia puede deberse a que el estudio en comparación se realizó en el 2007 utilizando el Modelo Mexicano de Biogás Versión 1.0, en el cual se empleó la composición de residuos proporcionada por el municipio de un estudio realizado en el 2002.

Otros estudios realizados en el país por SCS Engineers muestran una composición de orgánicos similar a las aquí reportada (68,57%, 66.43% y 62.42% para ENS, MXL, SQ respectivamente); tales son el caso de Chihuahua, con 68% [18] y en Querétaro, con 62% [19]. A pesar de esta similitud, la generación de biogás es mayor y por tanto las reducciones de emisiones estimadas también son mayores a las de los SDF de Baja California. Haciendo una comparación en el año 2019, se tendría 4,605 ton de CH₄ y 96,708 ton de CO₂e en Chihuahua [18], y 6,355 ton de CH₄ y 133,460 ton de CO₂e en Querétaro [19]. Esto significa una reducción mayor respecto a este estudio en un 27 y 76% respectivamente. La diferencia puede deberse a que la cantidad de RS recibida anualmente en estas ciudades es mayor que las de ESN, MXL y SQ (aprox. 3 y 2.3 veces respectivamente).

Es importante destacar que la generación que mayor se proyecta es la de TIJ, esto es debido a que el sitio con manejo, cumple con la normatividad NOM-083 y la cantidad de residuos dispuestos es la mayor de las cinco comunidades. Las cantidades menores son de las comunidades rurales debido a que son sitios sin manejo y la cantidad de residuos dispuestos son las más bajas.

4. Conclusiones y recomendaciones

El conocimiento de la proporción orgánica de los RS es el factor principal poder estimar con mayor precisión la generación de biogás y por lo tanto determinar la estimación de las reducciones de emisiones de CH₄ y CO₂e. En ese sentido, este estudio mostró que los residuos de los SDF de Baja California cuentan con un componente orgánico de aproximadamente del 66%.

Las emisiones de CH₄ que dejarían de liberarse a la atmósfera si se pusieran en práctica estrategias de recuperación y uso de biogás, sería de 6,308,526 ton durante el periodo de 2009-2025, con un valor total aproximado de USD \$69 millones en el mercado de bonos de carbono, tomando como referencia un costo promedio de USD \$11 [20] por ton de CO₂e reducido.

Es importante destacar que los estudios realizados en México no siguen la misma metodología, ni utilizan el mismo modelo matemático de biogás, por lo que es importante estandarizar criterios. Sin embargo, se debe de aclarar que las estimaciones deben ser realizadas de acuerdo a las características del sitio para mayor certidumbre.

Referencias Bibliográficas

- [1] Shah, K.L., *Basics of Solid and Hazardous Waste Management Technology*, Prentice Hall, 2000.
- [2] Meraz, L., Aranda, C. y Domínguez, A., “Producción de metano en relleno sanitario: Un



Modelo Cinético Fractal”, *Proceedings of XVI Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales: La sustentabilidad en las grandes ciudades, Ciudad de México, 21-26 de abril de 2008*, pp. 1-7, 2008.

[3] Batool, S.A. y Chuadhry, M.N., “The impact of municipal solid waste treatment methods on greenhouse gas emissions in Lahore, Pakistan”, *Waste Management*, Vol. 29(1). 2008. pp. 63-69.

[4] Kumar, S., Mondal, A., Gaikwad, S., Devotta, S. y Singh, R., “Qualitative assessment of methane emission inventory from municipal solid waste disposal sites: a case study”, *Atmospheric Environment*, Vol. 38(29). 2004. pp. 4921-4929.

[5] Zhang, H., He, P. y Shao, L., “Methane emissions from MSW landfill with sandy soil covers under leachate recirculation and subsurface irrigation”, *Atmospheric Environment*, Vol. 42(22). 2008. pp. 5579-5588.

[6] Christophersen, M., Kjeldsen, P., Holst, H. y Chanton, J., “Lateral gas transport in soil adjacent to an old landfill: factors governing emissions and methane oxidation”, *Waste Management Research*, Vol. 19(6). 2001. pp. 595-612.

[7] Machado, S.L., Carvalho, M.F., Gourc, J., Vilar, O.M. y Nascimento, J.C.D., “Methane generation in tropical landfills: Simplified methods and field results”, *Waste Management*, Vol. 29(1). 2009. pp. 153-161.

[8] Kong, I.C., “Microbial characteristics associated with six different organic wastes undergoing anaerobic decomposition in batch vial conditions”, *Waste Management Research*, Vol. 26(3). 2008. pp. 261-266.

[9] Walter, G.R., “Fatal flaws in measuring landfill gas generation rates by empirical well testing”, *Journal of the Air & Waste Management Association (1995)*, Vol. 53(4). 2003. pp. 461-468.

[10] Chiemchaisri, C. y Visvanathan, C., “Greenhouse gas emission potential of the municipal solid waste disposal sites in Thailand”, *Journal of the Air & Waste Management Association (1995)*, Vol. 58(5). 2008. pp. 629-35.

[11] IPCC, “Waste,” in *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (Eds.), Published: IGES, Japón, 2006.

[12] Garg, A., Achari, G. y Joshi, R.C., “A model to estimate the methane generation rate constant in sanitary landfills using fuzzy synthetic evaluation”, *Waste Management Research*, Vol. 24(4). 2006. pp. 363-375.

[13] SCS Engineers, “Manual de Usuario Modelo Mexicano de Biogás Versión 2.0,” IIE-CONAE-SEDESOL, 2009.

[14] Zeng, Y., Trauth, K.M., Peyton, R.L. y Banerji, S.K., “Characterization of solid waste disposed at Columbia Sanitary Landfill in Missouri”, *Waste Management Research*, Vol. 23(1). 2005. pp. 62-71.

[15] Chung, S. y Poon, C., “Characterisation of municipal solid waste and its recyclable contents of Guangzhou”, *Waste Management Research*, Vol. 19(6). 2001. pp. 473-485.

[16] SEMARNAT, “Compendio de Estadísticas Ambientales 2008”, 2008. (17/Mar/09). http://app1.se.marnat.gob.mx/dgeia/cd_compendio08/compendio_2008/03_residuos1.html

[17] SCS Engineers, “Informe de la prueba de extracción y estudio de pre-factibilidad para recuperación y utilización de biogás en el relleno sanitario de Ensenada, México,” 2007.



[18] SCS Engineers, “Estudio de pre-factibilidad para la recuperación y utilización en el relleno sanitario de Chihuahua, Chihuahua, México”, 2005. (15/Jun/08). http://www.bancomundial.org.ar/lfg/archivos/PrefeasibilityStudies/Spanish_Portuguese/Chihuahua_PreFeasibility_Study_Spanish.pdf

[19] SCS Engineers, “Estudio de pre-factibilidad para la recuperación de biogás y producción de energía en el relleno sanitario de Querétaro, Querétaro, México”, 2005. (15/Jun/08). http://www.bancomundial.org.ar/lfg/archivos/PrefeasibilityStudies/Spanish_Portuguese/Chihuahua_PreFeasibility_Study_Spanish.pdf

[20] Flores, R., Muñoz Ledo, R., Flores, B. y Cano, K., “Estimación de la generación de energía a partir de biomasa para proyectos del programa de mecanismo de desarrollo limpio”, *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, Vol. 7(1). 2008. pp. 35-39.



Lombricompostaje, una alternativa útil en el manejo de los residuos orgánicos: el caso de la facultad de Biología-Xalapa.

M. en C. Yadeneyro de la Cruz Elizondo ¹, M. en C. Leticia Garibay Pardo ¹, Mtro. Héctor Narave Flores ¹ y M. en C. María de los Ángeles Chamorro Zárate ¹

Facultad de Biología-Xalapa. Universidad Veracruzana. Circuito Aguirre Beltrán S/N. C. P. 91000. Zona Universitaria. Xalapa, Veracruz. México. ydelacruz@uv.mx

Resumen

En concordancia con la ideología de la Universidad Veracruzana en relación al papel de las instituciones educativas en el desarrollo social y convencidos de que en el estado de Veracruz es necesario generar y promover acciones encaminadas a la sustentabilidad ('Programa General de Desarrollo 2025') surgió el proyecto de Lombricompostaje los residuos orgánicos paralelo al proyecto de Separación y Manejo de Residuos sólidos (RESU), en la Facultad de Biología-Xalapa, de la Universidad Veracruzana. Se implementó un módulo instalado en un área de 80 m² dentro de las instalaciones de la facultad donde se tratan todos los residuos orgánicos que se generan en los jardines y salones de la unidad con un lote de 30,000 lombrices de las especies *Perionyx excavatus*, *Eisenia fetida* y *Eisenia andrei*. A la fecha se cuenta también con una red de donadores voluntarios, miembros y no, de la comunidad universitaria. Los objetivos del proyecto son: disminuir el impacto ambiental que producen las actividades que realiza la comunidad universitaria dentro de las instalaciones; y transmitir entre los alumnos las técnicas del compostaje y lombricompostaje. Estas iniciativas han conducido a la creación de un espacio de investigación y práctica dentro de la facultad y la propuesta de nuevos proyectos derivados como huertos urbanos, organoponía y acuaponía. Aunado al éxito del proyecto de lombricompostaje, se ha despertado el interés de estudiantes por realizar Servicio Social y desarrollar temas de tesis.

Palabras Clave: *Espacio educativo, Lombricompostaje, Residuos orgánicos universitarios.*

1. Introducción

A nivel mundial el tema de la generación, disposición y manejo de la basura es uno de los más importantes retos que enfrentan los gobiernos y las sociedades, la preocupación por las consecuencias para el planeta y los humanos está provocando la formulación de nuevos paradigmas. Sin embargo, el modelo consumista actual, establecido bajo un enfoque extractivo-destructivo, en su afán de proveer de los bienes y servicios que la misma población demanda trae como resultado la producción una gran cantidad de basura [1].

En el Estado de Veracruz existen más de mil 600 tiraderos a cielo abierto y cada veracruzano genera en promedio 900 gramos de basura diariamente, lo que hace que ocupe el sexto lugar nacional en generación de basura con más de 6,000 toneladas diarias, de las cuales sólo el 15% es manejado adecuadamente. Por su parte Xalapa genera 435 toneladas diarias de basura, de las que el 70% pueden ser aprovechadas [2].

La Universidad Veracruzana (UV), como institución formadora de profesionales que atienden las necesidades de la sociedad debe involucrarse en la problemática de la generación y manejo de los



Residuos Sólidos Universitarios (RESU). De acuerdo con la ideología de la U V sobre su papel en la educación y el desarrollo social que se encuentra enmarcada en el Plan General de Desarrollo 2025, está convencida de la imperante necesidad en Veracruz de generar e impulsar acciones encaminadas hacia la sustentabilidad y el aprovechamiento de algunos recursos que pueden representar un problema al ambiente o para los humanos [3].

La Facultad de Biología, campus Xalapa, produce aproximadamente 900 Kgr de residuos por semana; de los que se logran rescatar 50 Kgr para venta y reciclaje, que son separados por el Programa de Manejo de Residuos Sólidos (RESU-Biología) y 150 Kgr de residuos orgánicos son depositados en la composta de la facultad aunada a la materia orgánica generada por los árboles, en los jardines, arriates y demás áreas verdes (que eran aproximadamente el 60% del total de la basura) eran confinados al relleno sanitario de la ciudad [4].

Y dado el proyecto de Separación y Manejo de Residuos Sólidos Universitarios (RESU), iniciado en la Facultad de Biología-Xalapa en el 2006; se separa, acopia y aprovecha principalmente los residuos no biodegradables y recuperables, por lo que paralelamente a éste se hizo necesario y pertinente el aprovechamiento de los residuos orgánicos.

En este contexto surge el proyecto de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos a través del lombricompostaje, en el que se aprovecha la materia orgánica generada en la unidad conformada por la Facultad de Biología y Ciencias Agrícolas. Los objetivos del proyecto son, en primer lugar, disminuir los volúmenes de RESU que se envían al relleno sanitario de la ciudad, disminuir el impacto ambiental que producen nuestras actividades al interior de la escuela y transmitir a los estudiantes el aprovechamiento de la materia orgánica a través de las técnicas de compostaje y lombricompostaje.

2. Desarrollo

En un principio, en el 2009; el grupo de trabajo estuvo conformado por estudiantes de la asignatura de Edafología. Su entusiasmo y creatividad nos llevó a plantear la necesidad de aprovechar los RESU generados al interior de la Facultad. Como resultado de su trabajo final propusieron la creación de un módulo de transformación y aprovechamiento de los RESU a través del compostaje y lombricompostaje, mismo que fue presentado a las autoridades escolares quienes lo aprobaron.

El primer paso fue buscar un área adecuada para la instalación. Se encontró un área de 80 m² que con el trabajo de los integrantes del curso, se limpió y acondicionó para albergar el material a procesar y las camas donde se alojarían las lombrices. Anteriormente este espacio era desaprovechado y sólo servía como tiradero de restos de construcción y maleza que daban un mal aspecto a las instalaciones de la Facultad.

De acuerdo con [1] y [5] el mejor sitio para el establecimiento de un módulo de lombricompostaje debe estar ventilado y fresco, de preferencia sombreado y que permita condiciones ambientales estables.

El equipo que se requirió para trabajar en el módulo con las características descritas es muy similar a aquellos que se utilizan para jardinería y que pueden ser adquiridos sin dificultad en cualquier establecimiento del ramo. Las herramientas son elementales, económicas y de fácil adquisición: palas rectas, bieldos, guantes de hule, una carretilla, sarandas, rastrillos, cubetas, manguera, plásticos y bolsas para almacenar el producto. Cabe señalar que algunas herramientas deben ser proporcionales en tamaño y resistencia al volumen a trabajar y el tamaño del módulo. Parte de este equipo fue proporcionado con recursos del programa RESU.



El siguiente paso fue reordenar la recolección y disposición de los residuos. En este sentido se habló con los jardineros y personal de limpieza para que llevaran los residuos al área asignada y se les explicó que el proceso correría por parte de los alumnos. Para este fin se les sensibilizó explicándoles la problemática ambiental regional y local, el compromiso de la Universidad ante estos problemas y las ventajas ambientales e incluso sanitarias del proyecto. Derivado de lo anterior lo empezaron a hacer sin mayor reparo con lo que se inició la acumulación diaria, semanal y continua de los RESU.

El lote de lombrices inicial (10,000 aprox.) fue donado por dos personas, el papá de un estudiante quien cuenta con una finca de café y procesa la pulpa a través del lombricompostaje; y el profesor de la asignatura Edafología quien tiene en su domicilio un módulo casero de transformación de residuos domésticos.

Actualmente se cuenta con una cantidad que rebasa los 30,000 ejemplares distribuidos en dos camas de dos metros cuadrados cada una, con una altura de 30 cm. Las especies con las que se trabaja corresponden a las tres que han demostrado los mejores rendimientos tanto en transformación de la materia orgánica como en su reproducción: *Eisenia fetida* (lombriz tigre), *Eisenia andrei* (lombriz roja de california) y *Perionix excavatus* (lombriz oriental de las compostas) [1].

Las camas de lombricompostaje están delimitadas con bloques de tepezil y ladrillo sobrepuestos para facilitar el manejo y vaciado de las camas.

En este módulo de lombricompostaje se procesa aproximadamente el 20% del volumen total colectado debido al limitado espacio y número de lombrices con que se cuenta. El resto de los RESU, se procesan a través de un proceso tradicional de compostaje mediante volteos semanales y adición de agua para humedecerlos en época de secas.

2.1 Impactos positivos del proyecto

A dos años de la instalación del módulo de lombricompostaje, se continúan los trabajos de transformación de los RESU con la inclusión de nuevos miembros no necesariamente inscritos en la asignatura de Edafología.

Como resultado de la actividad estudiantil y del impacto del proyecto se ha conformado una red de donadores que, durante los días de la semana llevan sus residuos orgánicos domésticos. Esta red está conformada por integrantes de la comunidad universitaria (alumnos, personal de apoyo y académicos) y por personas externas a la facultad quienes tienen ya una sensibilización hacia el cuidado ambiental y la cultura y deseos de no contaminar con sus residuos pero que a su vez, no pueden tener una composta en su domicilio por falta de tiempo, espacio o por desconocer la técnica.

Este espacio ahora es productivo y demostrativo de actividades escolares significativas en la formación de nuestros estudiantes, donde confluyen asignaturas como Educación Ambiental, Ecotécnicas, Bioquímica, Química Orgánica e Inorgánica, etc. Además es una fuente de material transformado excelente para el abonado de tierras agrícolas o actividades hortícolas de invernadero. De donde se han derivado otros proyectos como cultivos verticales y producción de traspatio, permacultura y cultivos orgánicos.

En la Figura 1, se muestran los datos en kilogramos de los RESU recuperados a lo largo del año 2011 y que en total superan las ocho toneladas que ya no se desperdician ni contaminan en el relleno sanitario de la ciudad sino que son la materia prima para un proceso que involucra conocimientos teóricos y prácticos.

El interés de otras facultades y grupos externos a la universidad ha propiciado que este espacio sea el punto de encuentro para intercambiar experiencias y fortalecer redes de colaboración con actores



clave en la sociedad. Actualmente se realizan talleres de elaboración de composta y lombricomposta a participantes del Proyecto Huerto UV, a productores interesados, escuelas secundarias; rurales, urbanas y de bachilleres, así como a compañeros universitarios interesados en implementar proyectos similares.

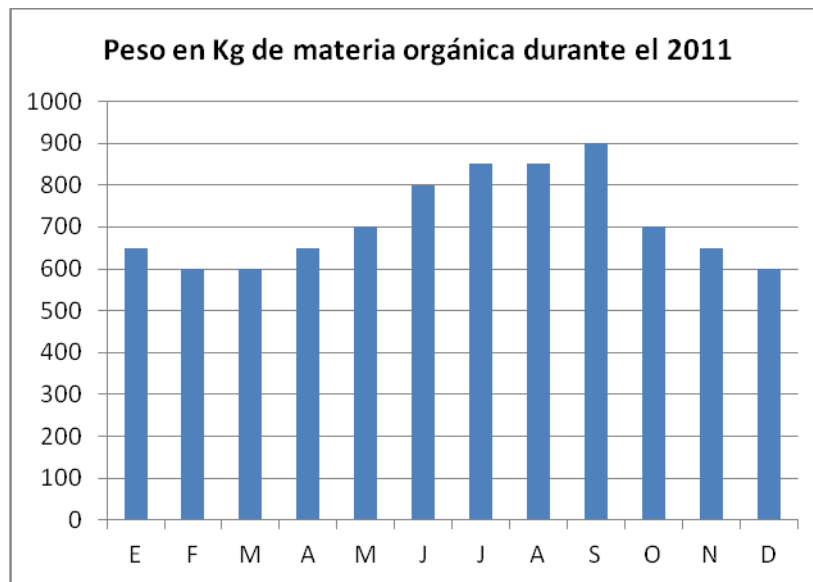


Figura 1. Dinámica de la recolección de residuos orgánicos durante el año 2011 en la Unidad de la Facultad de Biología y Ciencias Agrícolas Campus Xalapa, de la Universidad Veracruzana.

La puesta en marcha de esta iniciativa ha despertado el interés por proyectos alternos que se han gestado y desarrollado a torno al modulo como: Huertos urbanos, acuaponia y organoponia. De la misma manera se abre la oportunidad de la participación estudiantil formal como prestadores de Servicio Social y elaboración de trabajos recepcionales documentando esta experiencia.

También destaca el hecho que el módulo es visitado frecuentemente por interesados externos a la universidad para aprender y reproducir esta técnica, ya que este proyecto funciona como una planta piloto a pequeña escala.

Se puede visualizar a mediano plazo, como una fuente de ingresos adicionales para la Facultad, al ofrecer cursos de educación continua a productores y cooperativas de productores que busquen fortalecer su producción orgánica aprovechando los residuos generados en sus propios cultivos. Además de poder comercializar un sustrato estabilizado como mejorador de suelos producido con los RESU y por estudiantes. Sin embargo es necesario implementar algunos estándares de calidad requeridos en el mercado.

4. Conclusion

La implementación de iniciativas como ésta, enmarcadas en políticas institucionales, promueven la sensibilización ambiental entre los estudiantes y la sociedad al contribuir activamente en acciones encaminadas hacia la sustentabilidad. Acciones concretas, pequeñas pero constantes que busquen involucrar a los actores clave en la resolución de problemas reales son importantes para consolidar programas generales de desarrollo más amplios.

El proceso de compostaje y lombricompostaje ha demostrado ser efectivo, económico y didácticamente ventajoso para alcanzar dos objetivos importantes en las Instituciones de Educación



Superior: Ser congruentes con la responsabilidad social de disminuir nuestra huella ecológica y ser un espacio educativo donde se concreten conceptos teóricos y técnicas para el aprendizaje significativo.

Referencias Bibliográficas

- [1] Capistrán, F., E. Aranda y J.C. Romero. 2004. *Manual de reciclaje, compostaje y lombricompostaje*. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Ver., México. pp.150.
- [2] SEMARNAT. 2006. *Manual de compostaje municipal. Tratamiento de residuos sólidos urbanos*. México, D.F. pp.106. www.semarnat.gob.mx Recuperado el 1 de Julio de 2012
- [3] Universidad Veracruzana. *Plan General de Desarrollo 2025*. 2010. www.uv.mx Recuperado el 30 de Junio de 2012.
- [4] De los Santos, C. E. 2009. *Cuantificación y clasificación de RSU generados en las Facultades de Biología y Ciencias Agrícolas zona Xalapa*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Xalapa. pp. 63.
- [5] Aranda, D. E. *El cultivo de lombrices: una solución ecológica, sencilla y eficiente para producir abono con nuestra basura orgánica doméstica*. En: Reducción y Reciclaje de Residuos Sólidos Municipales. Claudia Hernández Fernández y Simpon González Martínez (Eds). 1997. PNUMA. México, D.F. pp. 257-268.



Comparación de cinco tipos de cultivo de *Pleurotus spp* para el escalamiento del proceso de biodegradación de pañales desechables

^{1,3}Rosa María Espinosa Valdemar, ²Alethia Vázquez Morillas, ²Xochitl Quecholac Piña,
²Mariel Anel García Rivera, ³Sara Ojeda Benítez y ²Adriana de la Luz Cisneros Ramos

¹Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Azcapotzalco Av. San Pablo Núm. 180, Col. Reynosa Tamaulipas, C.P. 02200, México, D.F. Tel. 53 18 90 62 correo: rmev@correo.azc.uam.mx

² Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Azcapotzalco ^{1,3}UABC Instituto de Ingeniería

Resumen

En este trabajo se evaluaron cinco diferentes formas de cultivo del hongo *Pleurotus spp* con el fin de favorecer la invasión del micelio, para determinar el método que permita una mejor eficiencia de degradación de pañales desechables y facilite el escalamiento del proceso. Se utilizaron pañales de merma del proceso mezclados con paja de trigo. La degradación se midió a través del porcentaje de reducción de peso seco. El acondicionamiento del sustrato se realizó a través de la molienda del pañal, ajuste de la humedad, mezcla con la paja en una proporción 65-35% y esterilización. El periodo de cultivo fue cercano a los tres meses. En promedio se obtuvieron tres cosechas de cuerpos fructíferos por unidad experimental. Los valores finales del porcentaje de reducción de peso final demostraron que los cinco tipos de cultivo son viables para el escalamiento del proceso.

Palabras Clave: Degradación, residuos, tratamiento, sanitarios

1. Introducción

A nivel internacional, los usuarios de pañales desechables reportan un promedio de uso de 33.6 pañales a la semana [1]. Durante los primeros 2.5 años de vida, un niño utiliza un promedio de 4 a 6.5 pañales al día. A nivel nacional, el promedio de uso de pañales desechables es de 6 pañales por día, esto lleva a un consumo mensual de 180-200 pañales [2], lo que convierte a este residuo en un problema serio ya que actualmente no existen métodos para su tratamiento o aprovechamiento. Se estima que del 2-3% de los residuos municipales corresponden a los pañales desechables, lo que equivale a 400 000 toneladas de residuos al año [3].

Resultados recientes de degradación de este residuo, utilizando el cultivo del hongo comestible *Pleurotus spp* [4], en los que se desarrolló una metodología de tratamiento biotecnológico mediante una adaptación de las técnicas comerciales de cultivo de esta seta en sustratos convencionales, demostraron que es posible alcanzar valores de eficiencia de más de 80 % en cultivo tradicional en bolsas de plástico, lo cual se manifiesta como una atractiva alternativa para el aprovechamiento de este residuo.

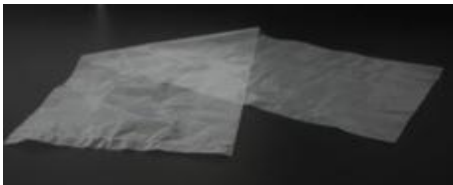
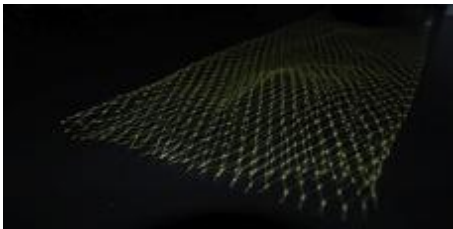
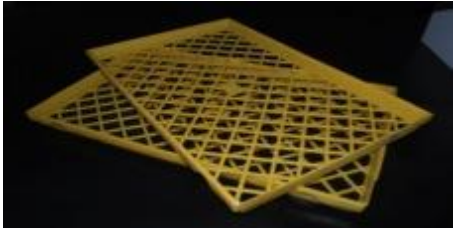
Con el fin de optimizar los resultados obtenidos en ensayos anteriores y con miras a realizar su escalamiento, el objetivo de este trabajo fue determinar el tipo de cultivo más adecuado para obtener la mayor eficiencia de degradación de pañales por *Pleurotus spp*.



2. Desarrollo

Se utilizaron cinco diferentes métodos de cultivo de *Pleurotus* spp: bolsa-cilindro, bolsa-cilindro-red, bolsa tradicional, tubo de PVC y charolas de plástico, con cinco unidades experimentales cada una, excepto el tubo de PVC (cuatro unidades experimentales). En la tabla 1 se describe cada tipo de unidad experimental que se utilizó.

Tabla 1. Tipo de unidad experimental y codificación consecutiva

Tipo de cultivo, arreglo y codificación	Imagen de configuración experimental
Bolsa-cilindro (BC) Bolsa-cilindro de 51.7 de largo x 18.2 de ancho (cm) <i>BC-1, BC-2, BC-3, BC-4, BC-5</i>	
Bolsa-cilindro-red (CR) Red de plástico de 55.5 de largo x 24 de ancho (cm) <i>CR-6, CR-7, CR-8, CR-9, CR-10</i>	
Bolsa tradicional (BT) Bolsas de polipapel de 60.6 de largo x 41.7 de ancho (cm) <i>BT-11, BT-12, BT-13, BT-14, BT-15</i>	
Tubo de PVC (PVC) Tubo de PVC de 4 pulgadas de diámetro x 102 cm de largo, cortado a la mitad con perforaciones de 2 pulgadas de diámetro. <i>PVC-16a, PVC-16b, PVC-17a, PVC-17b</i>	
Charolas (CH) Charolas de plástico con base cuadriculada de 43.5 de ancho x 60 de largo (cm) <i>CH-18, CH-19a, CH-19b, CH-20a, CH-20b</i>	

2.1 Sustrato paja-pañoal

En todos los casos la proporción del sustrato pañoal-paja fue de 65%-35% en peso seco, para que la paja aporte la lignina necesaria para el desarrollo del hongo. Se manejó pañoal de merma



semitriturado y paja de trigo fresca. Para utilizar los sustratos, se requirió acondicionarlos por medio de los procesos de molienda, ajuste de humedad y esterilización, de acuerdo a los métodos comunes empleados en el cultivo de *Pleurotus* [4].

2.2 Siembra

El proceso de siembra se llevó a cabo en un área estéril del laboratorio del Área de Investigación Tecnologías Sustentables de la Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco. El hongo empleado fue *Pleurotus* spp. Para todas las configuraciones se utilizaron 50 g de semilla de sorgo invadida con micelio de *Pleurotus* spp y 1000 g de sustrato pañal-paja en peso húmedo.

Bolsa cilindro, bolsa cilindro- red y bolsa tradicional. Se limpiaron las bolsas con alcohol. Posteriormente, se colocó una capa de sustrato distribuyéndolo en el fondo. En seguida se esparció el micelio en toda la capa de sustrato, alternando una capa de sustrato y una capa de micelio. Una vez que se terminó de sembrar, la bolsa se cerró con un nudo en la parte superior de la misma, sin dejar aire.

Tubo de PVC. Se envolvió el tubo en la parte inferior con plástico para evitar que el sustrato saliera por los orificios del tubo. Se realizó una división por la mitad para tener dos unidades experimentales por cada mitad de tubo de PVC. Sólo se colocaron dos capas de sustrato y dos de micelio (**Figura 1**).



Figura 1. Siembra en tubos de PVC

Charolas de plástico. Al igual que el tubo de PVC se colocó una bolsa de plástico en la parte inferior de la charola, sólo se colocaron dos capas de sustrato y dos de micelio (**Figura 2**).



Figura 2. Siembra en charolas de plástico

Al finalizar la siembra se registró el peso y se envolvió cada una de las unidades experimentales con plástico para favorecer la invasión del micelio en condiciones de oscuridad.



2.3 Fase oscura

Los sustratos ya inoculados se colocaron sobre un anaquel para iniciar la fase oscura, para la invasión del micelio en el sustrato.

Después de cinco días, se perforaron las bolsas con una navaja desinfectada con alcohol, para permitir el intercambio de aire y CO₂. Las condiciones de temperatura y humedad se mantuvieron en un promedio de 20°C y 82% respectivamente, hasta que el sustrato fue completamente invadido por el micelio.

2.4 Fase luminosa

Cuando el micelio invadió los sustratos, se colocaron en el cuarto de la fase luminosa, a los arreglos de bolsa-cilindro-red, PVC y charolas se les retiró completamente el plástico para permitir el crecimiento, en el caso de las bolsas-cilindro se dejaron cuatro extremos de tiras plásticas para que funcionaran como soporte y las bolsas tradicionales, se colocaron debajo del sustrato para evitar la pérdida del mismo. La temperatura se mantuvo en promedio a 18°C y la humedad en 80%.

2.5 Fructificación

Durante esta fase se observaron brotes de contaminación de otros hongos en casi todos los sustratos, excepto bolsa-cilindro, es decir, todas las configuraciones que estuvieron expuestas al ambiente por completo presentaron mayor contaminación comparadas con la bolsa cilindro, que presentó menor contaminación.

Cada vez que los cuerpos fructíferos estuvieron listos para su corte se realizaron las cosechas, utilizando un cuchillo desinfectado con alcohol, se cortó cada una de las setas desde su base y se registró su peso.

2.6 Evaluación del proceso

Se realizó mediante la medición en la disminución del peso seco de los sustratos paja-pañal después del cultivo, así como mediante la determinación de la eficiencia biológica de cada tipo de cultivo (E.B), que expresa el porcentaje de la relación entre el peso fresco de los hongos obtenidos y el peso seco del sustrato utilizado [5].

3 Resultados y discusión

El tiempo de invasión del micelio fue de 22 días y la primera cosecha se realizó a los 49 días, las siguientes cosechas se realizaron en diferentes tiempos para las distintas unidades experimentales en función del crecimiento de los hongos, se obtuvieron en promedio 3 cosechas por unidad experimental.

3.1 Reducción de peso

En la **Figura 3**, se muestra el porcentaje de reducción de peso en seco en el sustrato paja-pañal. Los resultados obtenidos se encuentran entre 60.5% y 48.7%, siendo el valor más alto para la bolsa tradicional, seguido del tubo de PVC con 57.7%, después la bolsa-cilindro red y charolas de plástico con 53.3% y la bolsa cilindro con 48.7%.

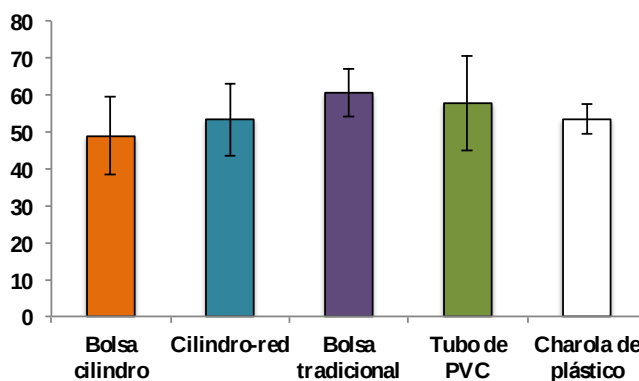


Figura 3. Porcentaje de reducción en peso seco de los sustratos paja-pañal en los 5 cultivos

La configuración de bolsa cilindro (BC) tuvo el menor porcentaje de reducción de peso seco mientras que la bolsa tradicional (BT) fue la que tuvo mejor porcentaje de reducción en peso seco, sin embargo, con excepción de BC todas las configuraciones mostraron un alto grado de contaminación, lo cual puede interpretarse como una degradación llevada a cabo no sólo por *Pleurotus*, si no por la acción combinada con los hongos contaminantes. Los resultados del análisis estadístico mostraron que no existe diferencia significativa entre los diferentes tipos de cultivo. Por tal motivo, se infiere que a pesar de que la bolsa-cilindro tiene un menor porcentaje de reducción podría ser una buena opción para el escalamiento del proceso, dado que las diferencias en la reducción no son significativas.

En general los valores de reducción de peso obtenidos en todos los sustratos son menores comparados con los que se han obtenido en otros trabajos [4-5], sin embargo se tienen que considerar dos aspectos importantes: por un lado las instalaciones en las que se realizó este trabajo eran nuevas, por lo que se tuvieron que realizar varios ajustes y por otro lado el contenido de celulosa en los pañales ha variado con el tiempo. Los pañales actuales tienen menor proporción de celulosa, por lo que hay menos material susceptible de ser degradado, considerando que los otros componentes son plásticos y el superabsorbente y ambos son no biodegradables.

3.2 Eficiencia biológica

La mayor eficiencia biológica se obtuvo en la configuración de bolsa tradicional con 34.62% seguido de bolsa cilindro con 31.62% (**Figura 4**).

En la **Figura 5** se muestran los hongos obtenidos en la bolsa-cilindro red. Los hongos cosechados en todos los tipos de cultivo presentaron características similares a los obtenidos comercialmente, buen tamaño, forma y color.

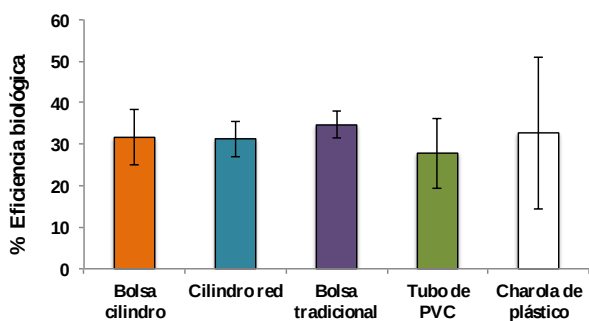


Figura 4. % Eficiencia biológica por tipo de cultivo



Figura 5. Hongos cultivados

Los resultados de la eficiencia biológica obtenidos son bajos comparados con los comerciales, lo cuál era de esperarse ya que este no es el mejor sustrato para *Pleurotus* spp, pero el objetivo es la degradación de los pañales, no la producción de setas, tomando en cuenta esto puede considerarse que los valores obtenidos son buenos.

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran que los 5 tipos de cultivo son viables para el escalamiento del proceso, sin embargo si se considera la disponibilidad de materiales y la optimización del espacio, el cultivo tradicional en bolsa y el de bolsa-cilindro se perfilan como las alternativas más interesantes, una ventaja de la bolsa- cilindro es que ofrece una mayor superficie de contacto que puede redundar en una mayor degradación del sustrato además de que las bolsas podrían colgarse y aprovechar mejor los espacios. Además al ser la primera vez que se trabaja con este tipo de bolsas, en este proyecto, el proceso se puede optimizar.

Un beneficio adicional de este tipo de tratamiento son los hongos obtenidos, ya que no sólo se disminuye de manera importante el peso de los pañales, si no que además se obtiene un alimento con alto valor nutritivo.

5. Referencias Bibliográficas

- [1] Cox, P. Rich, W. Niemeyer, S. (1994). *A Summary of Environmental Legislation Targeting Disposable Diapers and Review of Related Literature*. Journal of Environmental Polymer Degradation. 2(1): 39-48.
- [2] Granados, L. (2011). Comparativo de pañales. Brújula de compra. Profeco. Disponible en http://www.profeco.gob.mx/encuesta/brujula/bruj_2011/bol200_panales.asp. Consulta: 5 de mayo 2012
- [3] Environmental Agency. (2005). *Life Cycle Assessment of Disposable and Reusable Nappies in the UK*. Reino Unido.
- [4] Espinosa Valdemar R.M., Turpin Marion S., Delfín Alcalá I. y Vázquez Morillas A. (2011). Disposable Diapers Biodegradation by the fungus *Pleurotus ostreatus*. Waste Management. 31 1683-1688.
- [5] Espinosa, Valdemar. R.M. (2002). Estudio comparativo del desarrollo de *Pleurotus ostreatus* utilizado como sustratos pañales desechables y paja. Tesis de Maestría, UNAM. México.



Actividad metanogénica de lodos aerobios y anaerobios empleados en codigestión de residuos sólidos orgánicos.

^{1,2}Gloria Inés González López, ¹Elena Rustrián Portilla, ¹Eric Pascal Houbbron

¹Facultad de Ciencias Químicas, Prol. Oriente 6 N° 1009 Orizaba, Ver. ²Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, México. Mail: gllopez@uv.mx.

Resumen

Se estima que en México se generan 40 L/hab.año de lodos en los sistemas de tratamiento de aguas residuales instalados. Lo que representaría 4.5 millones de toneladas anuales de lodos, tomando en cuenta el número de habitantes registrados en el censo de población de 2010. Sin embargo, pocas plantas de tratamiento de aguas residuales cuentan con sistemas que permitan estabilizar y disponer de forma segura los lodos que genera el proceso, minimizando la afectación al ambiente. Existen diversos métodos para tratar los lodos residuales generados. Desde los años setentas se estudia la codigestión, donde los lodos se mezclan con diversos sustratos. Sin embargo, la más popular es la codigestión con residuos sólidos orgánicos, provenientes de residuos urbanos. La codigestión presenta varias ventajas y además economiza la digestión anaerobia. El objetivo de este trabajo fue estudiar los perfiles metanogénicos de 2 tipos de lodos: aerobios y anaerobios, que se emplean en experimentos de codigestión con residuos sólidos orgánicos en el Estado de Veracruz, México.

Palabras Clave: *Actividad metanogénica específica, biodegradabilidad anaerobia, codigestión, residuos sólidos orgánicos.*

1. Introducción

Como consecuencia de las actividades antropogénicas, se generan una serie de agentes contaminantes que impactan de manera negativa el aire, agua y suelo. Para contrarrestar estos efectos, se han implementado medidas tales como las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR). No obstante, dicha infraestructura genera a su vez residuos, que son conocidos como lodos [1]. Por otro lado, en las ciudades grandes y localidades medianas funcionan sistemas de recolección de basura. Esta acción evita que los residuos sólidos generados queden dispersos en cualquier sitio. La desventaja es que en la mayoría de los casos el método de disposición final empleado no es el adecuado. En los tiraderos a cielo abierto y rellenos que funcionan de manera deficiente, se generan biogás y lixiviados, que son los agentes impactantes más peligrosos [2]. De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), los residuos sólidos que se generan en México, contienen más de 70% de basura orgánica. Los residuos sólidos orgánicos (RSO) de fácil degradación superan el 50% del total [3]. Ambos residuos, los lodos y los RSO se generan en cantidad suficiente para evidenciar la necesidad de desarrollar una tecnología de tratamiento [4].

Un método que ha cobrado auge en los últimos años es la digestión anaerobia de lodos y RSO. Dicha técnica ofrece ventajas contra los tratamientos separados, incluyendo la disminución del costo de la digestión anaerobia [5] - [6]. Se han efectuado experimentos con diferentes condiciones de operación. Sin embargo, nosotros consideramos conveniente obtener primero la Actividad Metanogénica Específica (AME) de los lodos que intervendrán en los ensayos de codigestión. Por



tal motivo, el objetivo del presente trabajo es estudiar lodos aerobios y anaerobios de PTAR del estado de Veracruz.

2. Desarrollo

Se trabajaron dos tipos de lodos: secundarios aerobios, de una PTAR que da servicio a una unidad habitacional y lodos anaerobios de una planta municipal que trata aguas residuales de varias ciudades. Ambos se caracterizaron químicamente al inicio del experimento. Se sometieron a un ensayo de actividad metanogénica, empleando como sustrato ácidos grasos volátiles (AGV's); la relación empleada en todos los casos fue $So/Xo = 0.25$, considerando el trabajo de [7]. En dichas pruebas se utilizó un sistema de producción de gas Ankom, equipado con un detector de presión que envía señales a un receptor conectado a una computadora. La presión en cada botella se registra en un programa de cómputo, lo que permite posteriormente calcular el volumen de metano generado. Se emplearon botellas Schott, con volumen útil de 250 ml. Se tomaron muestras iniciales y finales para analizar Sólidos Totales (SST) y Volátiles (SSV), así como Demanda Química de Oxígeno Soluble (DQOs) y el pH final.

En cada prueba se tuvo como referencia cero un blanco que contenía solamente los lodos por estudiar. En el caso del anaerobio, las pruebas se hicieron por duplicado. El aerobio se ensayó en 2 modalidades: Lodo Bruto (LB) y lodo que se pasó por el tamiz de No. 6, denominado Lodo Tamizado (LT). Se desarrollaron curvas para mostrar los perfiles de generación de gas a lo largo del tiempo. También se hizo el cálculo de los porcentajes de remoción y la actividad metanogénica específica (AME).

3. Resultados

En la tabla 1 se presentan los resultados de las caracterizaciones físicas y químicas de ambas pruebas de los lodos. Se puede observar que la cantidad de sólidos totales guarda una relación prácticamente de 2 a 1, aerobio-anaerobio. Al inicio del experimento el pH se fijó neutro, con el fin de mantener condiciones adecuadas para la actividad microbiana. Al finalizar las pruebas del lodo anaerobio, se registró el mismo valor que al inicio. No obstante, en el caso del aerobio, el pH se había neutralizado ligeramente.

Tabla 1. Caracterización inicial y final de los lodos sometidos a pruebas de AME.

Lodo	DQO _{si}	SST _i	SSV _i	DQO _{sf}	SST _f	SSV _f	pH _f
Anaerobio	1,870	9,493	7,207	11	10,274	6,927	7.0
Aerobio (LT)	1,730	18,624	9,360	535	15,120	6,960	7.83
Aerobio (LB)	1,593	17,427	9,224	1,376	13,733	6,524	7.78

El interés principal de estos experimentos fue conocer la actividad de los lodos que se generan en las PTAR ubicadas en las inmediaciones de la ciudad de Orizaba, Veracruz. Dichos lodos se emplearán en ensayos de codigestión con RSO, como método de tratamiento para ambos residuos. Referente a la remoción de la DQOs, es claro que el lodo anaerobio fue el que tuvo mejor desempeño. La remoción fue del 99,4%, mientras que el LT presentó remoción de 70%. En el LB prácticamente no disminuyó. Esto no quiere decir que no hubo consumo, sino que debido a las características del lodo, contenía materia orgánica que los microorganismos fueron degradando a lo



largo del tiempo del experimento.

Como se puede apreciar en los perfiles de actividad metanogénica de los lodos (Fig. 1), el anaerobio alcanzó su máxima producción de metano alrededor de 25 horas, en promedio para ambos ensayos. Por su parte, en la figura 1 se aprecian 2 velocidades diferentes de generación de gas para el lodo aerobio. En lo que se refiere al Lodo Bruto, la generación máxima se alcanzó alrededor de las 300 horas. Para el Lodo Tamizado, se presentó pasadas 400 horas. Cabe mencionar que en todos los casos se restó la actividad del blanco correspondiente. Esto refuerza lo dicho anteriormente, sobre la mejor actividad del lodo anaerobio. Cuando el lodo anaerobio (figura lado izquierdo) ya había alcanzado su máxima producción de metano, el aerobio (lado derecho) apenas iniciaba la generación del gas.

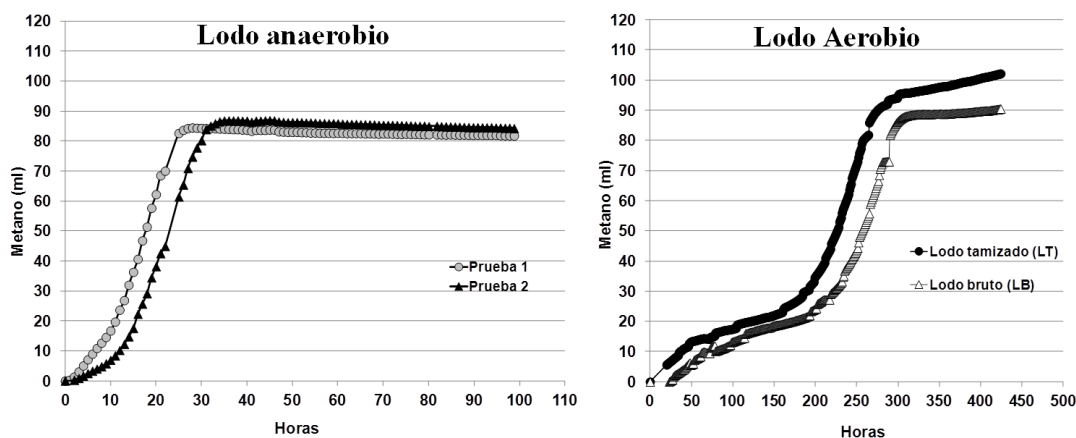


Figura. 1. Perfiles de generación de metano de lodos anaerobios y aerobios.

Respecto a la actividad metanogénica específica, el lodo anaerobio tuvo un mejor desempeño, con una AME promedio de 0.16 g DQO-CH₄/g SSV-d. Mientras que el lodo aerobio quedó atrás en ambas modalidades ensayadas, con 0.014 y 0.015 g DQO-CH₄/g SSV-d para el LT y el LB, respectivamente. Estos datos indican que los microorganismos del lodo anaerobio son 10 veces más activo que los del aerobio.

4. Conclusiones

Los ensayos de Actividad metanogénica Específica utilizando como sustrato AGV's permitieron comparar 2 tipos de lodos disponibles.

La AME del lodo anaerobio fue de 0.16 y la del aerobio de 0.0145 g DQO-CH₄/g SSV-d en promedio, con una diferencia aproximada de 10.

Esto indica que el lodo anaerobio tiene mayor capacidad para convertir el sustrato en metano y bióxido de carbono, además que lo hará en menos tiempo.

Es conveniente efectuar las mismas pruebas empleando como sustrato los RSO de la codigestión

5. Referencias Bibliográficas

[1] Hernández Muñoz A. *Depuración de aguas residuales*. Tercera edición. 1994. Editorial Paraninfo S.A., Madrid, España. 987.



- [2] Maldonado L. Urban solid waste in Mexico: progress and perspectives. *Int. J. Environmental and waste management*. Vol. 3(1/2).2009.
- [3] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Censo 2010. México.
- [4] Nelson Kara L., Blanca Jiménez Cisneros, George Tchobanoglous, Jeannie L. Darby. "Sludge accumulation, characteristics, and pathogen inactivation in four primary waste stabilization ponds in central Mexico". *Water Research*. Vol. 38(1).2004 (pp. 111–127).
- [5] Mata-Alvarez J, Dosta J., Macé S. and Astals S. "Codigestion of solid wastes: a review of its uses and perspectives including modeling". *Crit. Rev. Biotechnol*. Vol. 31(2).2011 (pp. 99-111).
- [6] Gómez X., M.J. Cuertos, J. Cara, A. Morán y A.I. García. "Anaerobic co-digestion of primary sludge and the fruit and vegetable fraction of the municipal solid wastes. Conditions for mixing and evaluation of the organic loading rate". *Renewable energy*. Vol. 31(12).2005(pp. 2017-2024).
- [7] Moreno G., Cruz A., Buitrón G. "Influence of So/Xo ratio on anaerobic activity test". *WaterScience and Technology*. Vol. 40(8). 1999 (pp. 9-15).



Aplicación de lixiviados como fertilizante para el crecimiento de calabaza (*Cucúrbita sp L*).

^{1*}Daniela Guerrero-Rodríguez, ¹Liliana Márquez-Benavides, ²Juan Manuel Sánchez-Yáñez.

¹ Laboratorio de Manejo de Residuos Sólidos y Medio Ambiente. Instituto de Investigaciones Agrícolas y Forestales.,
Juanito Itzicuaró S/N, Col. San Juanito Itzicuaró, Tel. 3340475 ext. 116 Morelia Michoacán-México. C.P. 58302.

(*dany_gurd@hotmail.com.) ²Laboratorio de Microbiología Ambiental. Instituto de Investigaciones Químico Biológicas,
Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo

Resumen

Los rellenos sanitarios generan lixiviados producto de descomposición anaerobia de la fracción orgánica de residuos sólidos, generalmente tóxicos para la vida y el ambiente pero si se diluyen sirven como fertilizante para plantas. La hipótesis de este trabajo fue que lixiviados diluidos son un fertilizante mineral para calabaza (*Cucúrbita sp L*). El objetivo de este estudio fue analizar la respuesta de la calabaza al LXS diluido. Para ello, su semilla se sembró en suelo, se aplicaron lixiviados al 1%, 5%, 10%, 50% y 75% (v/v) en la: germinación, plántula y floración, y semilla de calabaza irrigada sólo con agua destilada (control absoluto) y otra alimentada con una solución mineral en balance (control relativo) en invernadero. Los caracteres morfológicos de la calabaza que se midieron por el efecto del lixiviado fueron: altura de planta, longitud de raíz y la biomasa: peso fresco y seco aéreo y radical. Los datos obtenidos se validaron aplicando la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95%. Los resultados indicaron que el lixiviado diluido superior al 50% fueron fitotóxicos a la calabaza y menores al 10% causaron su desnutrición, mientras que al 10% indujo una respuesta positiva en la calabaza al suplir su demanda mineral básica. Se concluye que el lixiviado de un relleno sanitario puede ser fertilizante inorgánica para plantas en función de su origen y adecuada dilución.

Palabras Clave: Contaminación, minerales, fitotoxicidad, nutrición vegetal.

1. Introducción

Los lixiviados (LXS) de rellenos sanitarios (RESA) son líquidos contaminantes producto de la descomposición anaerobia (DA) de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (RSU). El LXS se genera en los RESA de los RSU y agua de lluvia, se drena y contiene compuestos orgánicos e inorgánicos [1], [2] como: sales de magnesio cloruro, amonio, sulfato y metales pesados como el Cromo, el Zinc y otros elementos que contaminan aguas subterráneas, superficiales o el suelo, y que dañan a la flora, la fauna e incluso a los humanos [3], [4]. Sin embargo, la fracción mineral del LXS puede ser fertilizante para plantas en adecuada dilución pues contienen elementos clave para el crecimiento vegetal como Nitrógeno (N), Fósforo (P), y Potasio (K), entre otros [5]-[7].

Se han realizado investigaciones sobre el empleo de LXS diluidos como fertilizante; Alaribe y Agamuthu, 2010 lo aplicaron a *Brassica rapa L.* con efecto positivo en su crecimiento [8]; Bialowiec y Randerson, 2010 utilizaron LXS en *Salix amygdalina L.* y a la dilución del 6.25 % su crecimiento también fue favorable [5]. No obstante han sido escasas las investigaciones sobre el estudio del efecto del lixiviado de un RESA en el crecimiento de las plantas de calabaza. El objetivo de este trabajo fue analizar la respuesta de la calabaza en la fase de germinación, plántula y floración, al LXS diluido.



2. Metodología

2.1 Muestreo del lixiviado

Se visitó el relleno sanitario de León, Guanajuato y se obtuvo una muestra superficial de la laguna de lixiviados. Se obtuvieron 30 litros de LXS, los cuales se almacenaron en garrafas de plástico. Todas las garrafas se mantuvieron en hieleras a 4°C en tanto se transportaban al laboratorio. Una vez en el laboratorio se refrigeraron hasta su utilización.

2.2. Preparación de macetas y siembra de semillas

Se sembraron cuatro semillas de calabaza en 1.5 Kg de suelo agrícola solarizado en macetas de PET que se dejaron en solárium 3 días, se hizo aclareo, se dejaron dos plantas por maceta y posteriormente las macetas se trasladaron al invernadero [5].

2.3. Diseño del experimento: elaboración de los tratamientos

Se prepararon cinco diluciones de LXS 1%, 5%, 10%, 50% y 75% con agua destilada para la calabaza, se usó agua potable como control absoluto (CA), y una solución mineral (SM) en balance sin LXS como control relativo (CR), cada tratamiento tuvo tres repeticiones.

2.4. Análisis morfológico y estadístico

Las características de la calabaza a la que se le adicionó LXS se determinó con base a su fenotipo: altura de planta, longitud de raíz por medición de sus dimensiones y su biomasa: peso fresco aéreo (PFA), peso seco aéreo (PSA), peso seco radical (PSR) y peso fresco radical (PFR), al secar la planta en horno (FELISA) a 80°C/24h, los datos experimentales se validaron utilizando una prueba de ANOVA y Tukey (prueba de comparación múltiple) con un nivel de confianza del 95%.

3. Resultados y Discusión

3.1 Efecto sobre el peso fresco aéreo

En la figura 1 se muestra el peso fresco aéreo de las plantas de calabaza. Los resultados muestran que la adición de lixiviado al 10% representó el mayor peso obtenido. Los resultados de la comparación por prueba de Tukey indican que esta diferencia fue significativa (*a*), mientras que los resultados obtenidos por la adición de lixiviados al 1, 5 y 50% no fueron significativamente diferentes (señalados como *c*). El incremento del PFA en el experimento de LXS al 10% significó que esta adición fue incluso mejor que la misma planta alimentada con la SM y de aquella usada como CA. Esto sugiere que en la dilución al 10% había la concentración de minerales en equilibrio para este vegetal y que la dilución a la vez disminuyó la cantidad de las sustancias fitotóxicas [9]. En contraste, los LXS diluidos al 1% y 5% provocaron decremento en el PFA de la calabaza, pues a este nivel de dilución del LXS se redujo también la concentración de minerales necesarios para el crecimiento de la calabaza. Mientras que los LXS al 50% y 75% mostraron un efecto negativo sobre el PFA de la calabaza ya que su crecimiento fue pobre, lo que sugiere que contenían elevada concentración de sustancias fitotóxicas [10].

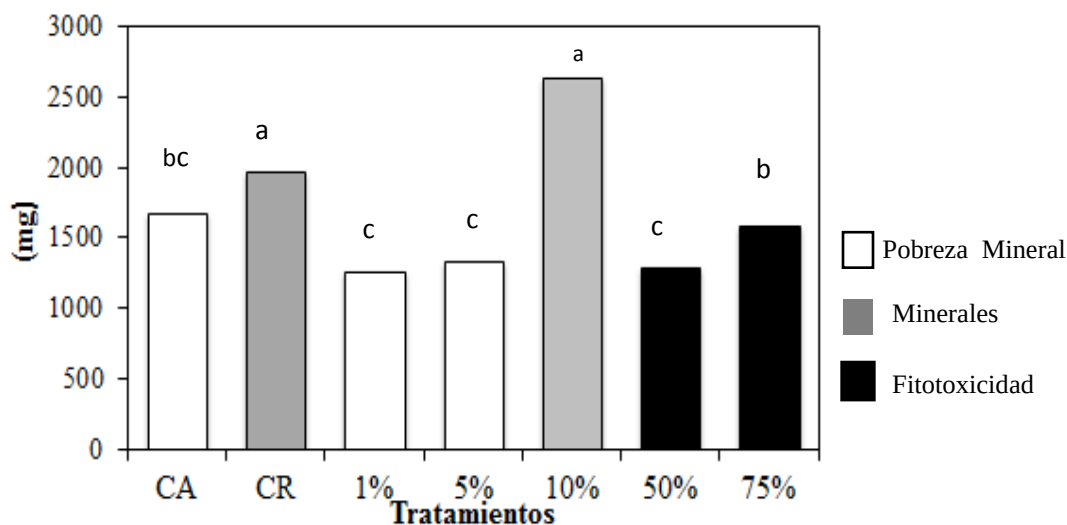


Figura 1. *Peso fresco aéreo de las plantas de calabaza.*

CA, control absoluto, CR, control relativo. Las literales de esta y las siguientes gráficas muestran los resultados de la comparación con la prueba de Tukey tratamientos con diferencias significativas

3.1 Efecto del lixiviado sobre el Peso Fresco Radical (PFR) de la calabaza

La respuesta de la adición de LXS en el desarrollo radical se muestra en la Figura 2. En este caso, el PFR no tuvo diferencia significativa entre aquellas plantas adicionadas con el 10% de LXS y las adicionadas con la solución mineral. Es decir, se confirma que la solución al 10% puede estar balanceada en términos de se muestra que la dilución de LXS al 10%, contenía los minerales equilibrio. Se sabe que para sostener un crecimiento sano de la planta, se requiere de proporcionar una serie de minerales y nutrientes que permitan esto [9]. En contraste, con la dilución del LXS al 1% y 5% causaron un efecto negativo sobre el PFR de la calabaza, lo que sugiere que en esa concentración de LXS hubo una disminución de los minerales necesarios para esta planta. LXS al 50% y 75% causaron un efecto negativo en el PFR de la calabaza, lo que indica que en ambas diluciones había una también una elevada concentración de minerales y/o sustancias fitotóxicas, tal y como lo mencionan otros reportes [10].

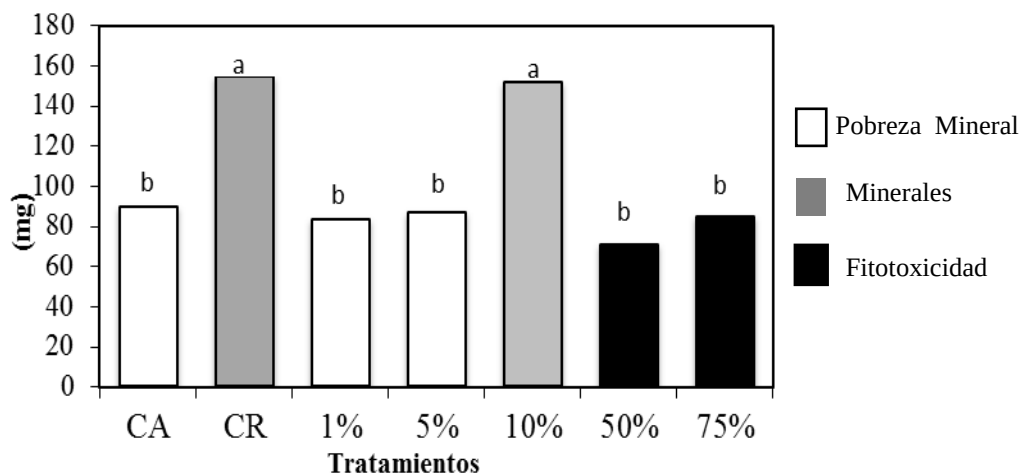


Figura 2. Peso fresco radical de las plantas de calabaza.

3.2 Efecto sobre la biomasa en peso seco aéreo (PSA)

La figura 3 muestra diferencias significativa del PSA en los tratamientos. El tratamiento con 10% de LXS fue la que mejor respondió al incremento de biomasa; este tratamiento presentó una adecuada concentración de minerales necesarios para suplir su demanda, que a la vez disminuyó la cantidad de las sustancias fitotóxicas en el LXS, el PSA de la calabaza fue superior a la alimentada con SM usada como CR y de la misma planta irrigada solo con agua utilizada como CA. En evidente contraste con la dilución del LXS al 1% y 5% que causaron un efecto negativo sobre el PSA de la calabaza en ambos casos se observaron síntomas de deficiencias nutricionales, ya que al diluir LXS se redujo la concentración de minerales esenciales para su crecimiento. Mientras que las diluciones del LXS al 50% y 75% provocaron un efecto negativo sobre el PSA de la calabaza, lo que sugiere que contenían una excesiva cantidad de sustancias fitotóxicas [10].

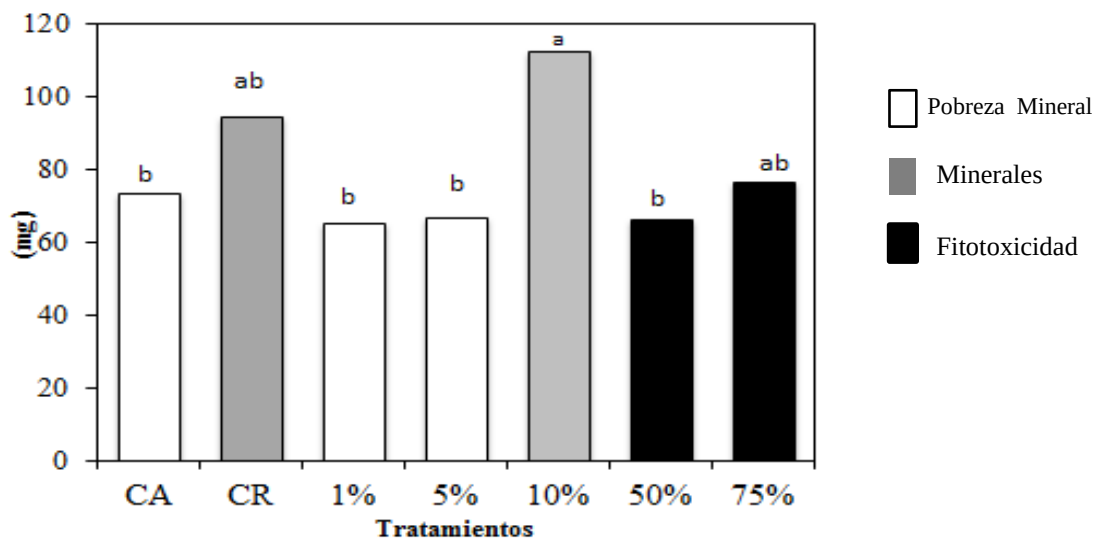


Figura 3. Peso seco aéreo de las plantas de calabaza.



3.3 Efecto sobre la biomasa en Peso Seco Radical (PSR)

La figura 4 muestra diferencias significativas en los tratamientos y la dilución del LXS al 10%, fue la que mejor respondió al aumento de biomasa en forma de PSR. A diferencia de LXS al 10%, los con LXS diluidos al 1 y 5% causaron efecto negativo sobre el PSR de la calabaza, haciendo que las plantas desarrollaran síntomas de deficiencias nutricionales. La dilución del LXS al 50% y 75% causaron efecto negativo en el PSR de la calabaza, por contener una alta concentración de minerales y/o sustancias fitotóxicas [10]. Por ejemplo, alta concentración de minerales correspondería a una alta salinidad. Esto último resultaría en una disminución del potencial osmótico del suelo, además, también genera necrosis en las hojas, pero lo más característico, sin duda, es la disminución del crecimiento y desarrollo [12]. Asimismo, se han descrito muchos síntomas fisiológicos asociados a la toxicidad de los iones a partir de determinados niveles críticos, tales como: interferencias causadas por ellos en el metabolismo y a los daños que, como consecuencia, tienen lugar en orgánulos y membranas, disminución o inhibición de la actividad enzimática o alteraciones en la funcionalidad de la membrana, inhibición de la fotosíntesis, repercusión en los mecanismos de transporte y selectividad, y derivación de parte de la energía metabólica de la planta para su inversión en procesos distintos al crecimiento.

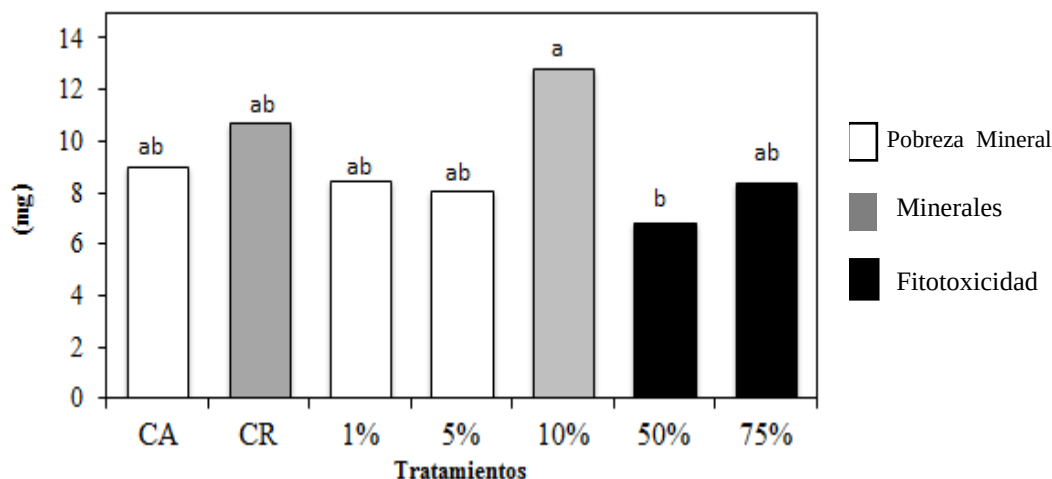


Figura 4. Peso fresco radical de las plantas de calabaza.

4. Conclusiones

La utilización de LXS de RESA al 10% como fertilizante para el crecimiento de calabaza pudiera ser recomendada dado que en términos peso seco y/o fresco radical y aéreo. Sin embargo, estos resultados aun deben ser tomados con precaución para considerar el impacto que dicha práctica podría ejercer sobre los suelos.

5. Referencias Bibliográficas

[1]. Koshy L, Paris E, Ling S, Jones T, Bérubé K. " Bioreactivity of leachate from municipal solid waste landfills - assessment of toxicity". The Science of the Total Environment.Vol. (384) 2007:171–81.



- [2]. Renou S, Givaudan JG, Poulain S, Dirassouyan F, Moulin P. "Landfill leachate treatment: Review and opportunity". *Journal of Hazardous Materials*. Vol. 150(3) 2008:468–93.
- [3]. Kiss G, Encarnación G. "Los productos y los impactos de la descomposición de residuos sólidos urbanos en los sitios de disposición final". *Gaceta Ecológica*. Vol.(79) 2006:39–51.
- [4]. Piña-Guzmán AB. "Toxicología de la contaminación proveniente de los residuos sólidos". En: *Residuos Sólidos. Ecología y Medio Ambiente*. Libros en Red; 2011. p. 277–310.
- [5]. Bialowiec A, Randerson PF. "Phytotoxicity of landfill leachate on willow--*Salix amygdalina* L". *Waste Management* Vol(30) 2010:1587–1593.
- [6]. Wong MH, Leung CK. "Landfill Leachate as Irrigation Water for Tree and Vegetal Crops". *Waste Management & Research*. Vol. (7)1989:311–24.
- [7]. Žaltauskaitė J, Čypaitė A. "Assessment of Landfill Leachate Toxicity Using Higher Plants". *Engineering*. Vol. (4) 2008:42–7.
- [8]. Frank O, Agamuth P. "Nutrient Value Of Landfill Leachate On The Growth Of *Brassica Rapa* L". *Malaysian Journal of Science*. Vol. (29) 2010:119–28.
- [9]. Utria Borges, *et al.* "Utilización agraria de los biosólidos y su influencia en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill)" *Revista Chapingo*. Vol. (14) 2008:33-99
- [10]. Ramírez Pisco, *et al.* "Evaluación del potencial de los biosólidos procedentes del tratamiento de aguas residuales para uso agrícola y su efecto sobre el cultivo de rábano rojo (*Raphanussativus* L.)". *Revista Facultad Nacional de Agronomía*. Vol. (59) 2006:3543-3556.
- [11]. Cuevas Gabriela y Walter Ingrid. "Metales Pesados en Maíz (*Zea mays* L.) cultivado en un suelo enmendado con diferentes dosis de compost de lodo residual". *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. Vol. (20) 2004:59-68.



Importancia de la construcción de rellenos sanitarios en ciudades en desarrollo

¹Diana Ibarra Rodríguez, ²Oscar M. Rentería Cataño, ³Claudia Estela Saldaña Durán, ⁴Irma P. Hernández Rosales, ⁵Sarah R. Messina Fernández

¹Universidad Autónoma de Nayarit, Ciudad de la Cultura Amado Nervo, 311 2 11 88 21, hera_dir@hotmail.com.

Resumen

La generación de residuos sólidos es un tema alarmante ya que en las ciudades es donde se produce la mayor cantidad de estos. La gran mayoría de ellas no cuentan con un lugar de disposición final adecuado, que cumpla con las necesidades que se están requiriendo en la actualidad. Un ejemplo de ello es la Ciudad de Tepic, Nayarit; la población ha tenido una tasa de crecimiento anual de 2.459% del año 2000 al 2010 y con ello el aumento de los residuos sólidos. En la ciudad de Tepic hasta el 2011 diariamente se generaban 600 toneladas/día y se espera que esta cantidad aumente hasta 800 toneladas/día para el año 2015, una cantidad, sin duda alguna preocupante, sobre todo por el daño ambiental que esto ocasiona, como es la contaminación a los mantos acuíferos, aire y proliferación de enfermedades, así como también la afección a la flora y la fauna. Este lugar es un tiradero a cielo abierto, sin manejo ni tratamiento de los desechos que ahí llegan. El paso primordial para controlar el problema es la elaboración de un proyecto, diseñado bajo el plan de la Norma 083 de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, cuya finalidad la selección de un sitio de disposición final, donde se de lleve a cabo el manejo correspondiente a los desechos, recuperables así como también los “no recuperables”, para obtener el mejor aprovechamiento de estos.

Palabras Clave: *Relleno sanitario, residuos sólidos, selección.*

1. Introducción

Se entiende por relleno sanitario de Basuras la técnica que consiste en esparcirlas, acomodarlas y compactarlas al volumen más práctico posible, cubrirlas diariamente con tierra u otro material de relleno y ejercer los controles requeridos al efecto [1].

En los rellenos sanitarios, los desechos se depositan en el suelo y se recubren con tierra. Como no se queman y el relleno de cada día queda bajo algunos centímetros de tierra, se abaten la contaminación atmosférica y las poblaciones de alimañas. Existen otros factores importantes, por ejemplo, la inversión mínima a este tipo de tiraderos a cielo abierto. Los encargados del manejo de desechos municipales solían carecer de conocimiento o interés por la ecología, el ciclo del agua o que productos generaría la descomposición de la basura, y no había reglamento que los orientaran. Por lo tanto, cualquier lote barato y bien ubicado en las afueras del lugar se convertía en relleno sanitario [2].

Hoy en día en la construcción de rellenos está mejor controlada, por la normatividad que la federación a dispuesto, por lo tanto al no cumplirse con ella, la empresa que da manejo a los residuos sólidos puede ser sancionada. En primera instancia se debe de cumplir con la norma NOM-083-SEMARNAT-2003 [3].

2. Metodología

2.1 Caracterización física de los Residuos Sólidos Urbanos de la ciudad de Tepic

Para llegar a un buen manejo de Residuos Sólidos Urbanos (RSU), es necesario conocer la composición que diariamente se genera en la ciudad de Tepic, la caracterización se realizó bajo la metodología (ver figura1) de la siguiente normativa:

- NMX-AA-061-1985 Determinación de la generación [4]
- NMX-AA-015-1985 Muestreo-método de cuarteo [5]
- NMX-AA-022-1985 Selección y cuantificación de subproductos [6]
- NMX-AA-019-1985 Determinación del peso volumétrico "in situ" [7]

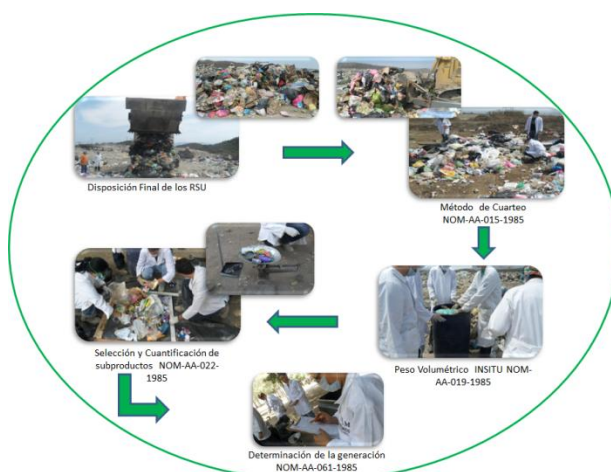


Figura. 1. Metodología para determinar la composición física de los RSU

2.2 Selección del sitio de Relleno Sanitario

La selección del sitio está regulada bajo la norma 083 de la SEMARNAT:

1. Localización de cuencas hidrográficas.
2. Levantamiento topográfico de sitio.
3. Dirección del viento.

2.3 Vida útil del relleno sanitario

De acuerdo a datos proporcionados por el Instituto Nacional de Ecología, en el artículo denominado Generación y Composición de Residuos Sólidos Municipales que la generación per-cápita en la ciudad de Tepic es de 1.09 kg/hab/día en la ciudad de Tepic. La ciudad de Tepic cuenta con 380,249 habitantes [8], [9].

Se está estimando que la vida útil del Relleno Sanitario a 10 años [10] con las ecuaciones (1), (2), (3) [10]:

Proyección de la Población



$$P = P_0 * (1 + r)^n \quad (1)$$

P = Proyección de la Población

P₀ = Población Actual

r = Tasa de crecimiento

n = Intervalo de años (t₁-t₀)

Cantidad de Desechos Sólidos

$$DS_d = P * ppc \quad (2)$$

DS_d = Desechos sólidos diarios (kg/día)

ppc = producción per-cápita (kg/hab.día)

P = Proyección de la población

Área total requerida para el relleno Sanitario

$$A_T = F * ARS \quad (3)$$

A_T = Área total requerida

F = Factor de aumento del área adicional requerida para las vías de acceso, área de aislamiento, caseta para portería e instalaciones sanitarias

ARS = Área a rellenar sucesivamente (m³)

3. Resultados

3.1 Caracterización física de los Residuos Sólidos Urbanos.

El resultado de la composición física de los RSU se muestra en la figura 2, las cantidades correspondientes para los residuos son (ver tabla 1):

Tabla 1. *Cantidades diarias de la composición física de los RSU*

MATERIAL O RESIDUO	PORCENTAJE (%)	CANTIDAD (ton/día)
Materia orgánica	37.24	154.349
Plásticos	11.38	47.20
Papel y cartón	10.93	45.30
Celulosa sanitaria	13.76	57.03
Metales ferrosos	1.42	5.88
Metales no ferrosos	1.50	6.21
Envolturas	9.80	40.60
Residuos peligrosos	0.59	2.44



Otros restos	3.54	14.67
Tetrapak	0.91	3.77
Textiles y calzado	3.31	13.71
Madera	1.02	4.22
Vidrio	5.18	21.46

Los que se encuentran en gris son los que se está considerando para ser recuperables, los demás se van al relleno sanitario.

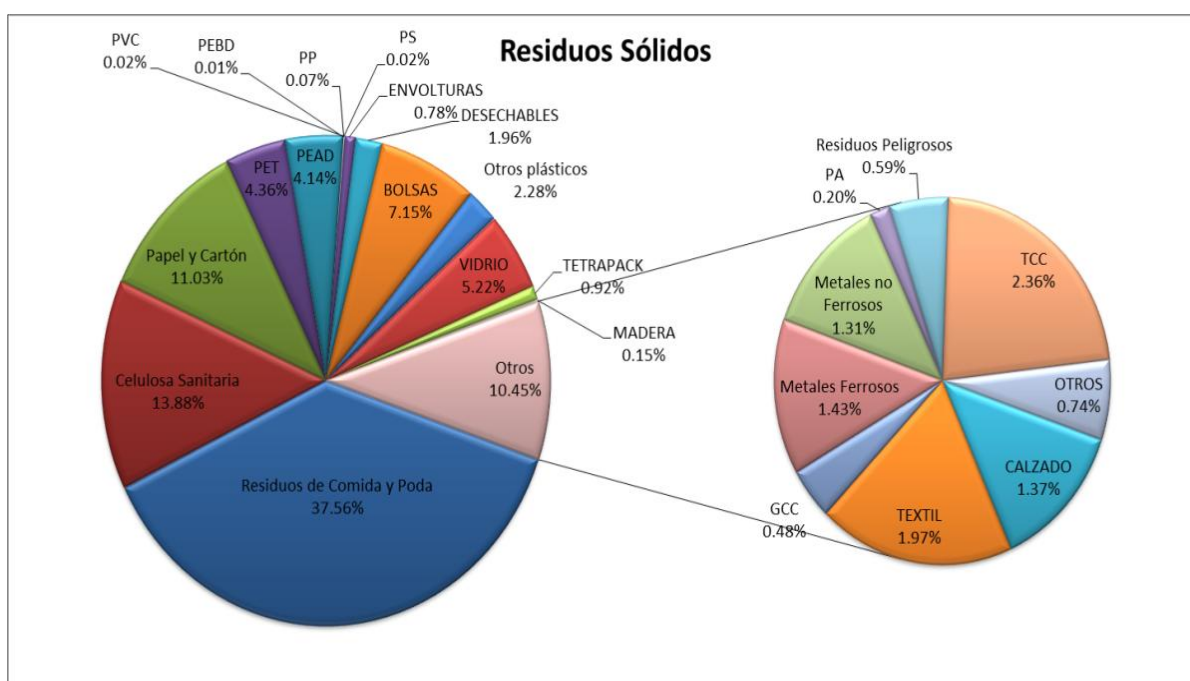


Figura. 1. Composición física de los RSU de la ciudad de Tepic

3.2 Sitio de Relleno Sanitario

El relleno Sanitario se localizará al norte de la ciudad de Tepic, en el Ejido H. CASAS, por el camino antiguo a Jauja, camino a la escondida (círculo rojo, Figura 2). Como menciona la norma 083, el sitio no debe estar localizado a menos de 1 km de una cuenca hidrográfica, el lugar está a 1.07 km del la cuenca hidrográfica, a 20 metros de cables de alta tensión. Aunque no se llevó acabo el estudio de mecánica de suelos, el ayuntamiento corroboró que se trata de un suelo con una capacidad muy baja de infiltración de lixiviados.



Del levantamiento topográfico se obtuvo la morfología del terreno Figura 3. El área total de la cual se dispondrá es de 88.224 m².

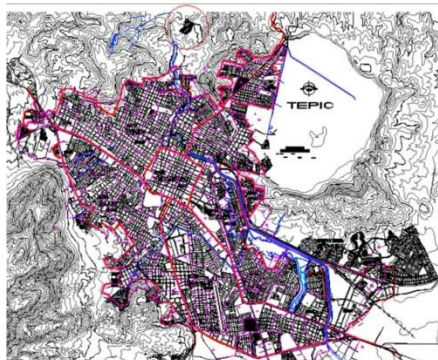


Figura 2. Localización del Relleno Sanitario

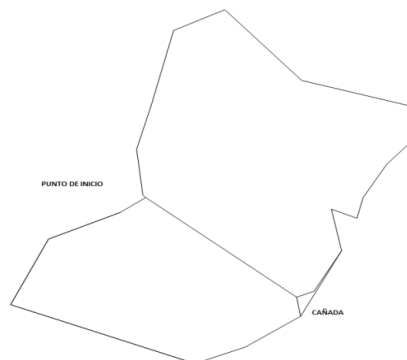


Figura 3. Morfología del Terreno

3.3 Vida útil del Relleno sanitario

Para la vida útil del relleno se está tomando en cuenta sólo la cantidad de RSU no recuperables, que en total son 121.821 ton/día Tabla 2. El área total estimada a para la vida útil del relleno sanitario (10 años) son 2.2243 hectáreas, con 6 metros de profundidad.

Tabla 1. Vida útil del relleno sanitario proyectada a 10 años.

Año	Generación de Residuos Domiciliarios (kg/día)	A total (m ²)
1	121,821	20,338.4
2	123,039.2	20,541.8
3	124,269.6	20,747.2
4	125,512.2	20,954.7
5	126,767.4	21,164.2
6	128,035.0	21,375.9
7	129,315.4	21,589.6
8	130,608.6	21,805.5
9	131,914.6	22,023.6
10	133,233.8	22,243.8

4. Conclusiones

La materia orgánica es uno de los principales materiales que contamina el aire con los gases emanados por la descomposición de la misma. En su gran mayoría los tipos de plásticos son recuperables.

La dirección del viento en la ciudad de Tepic va de norte a sur, el sitio de Relleno Sanitario estará en el norte de la ciudad, por lo que se vería afectada la calidad del aire, pero cabe mencionar que el tiradero a cielo abierto está localizado al norte por lo que por parte de la sociedad la aceptación sería inminente, por que su entorno ya no se vería afectado.



La importancia que tiene la construcción de Rellenos Sanitarios en Ciudades en Desarrollo es por que en gran medida se está a tiempo de contrarrestar la contaminación que se ha originado a causa de los tiraderos a cielo abierto.

El área estimada para el relleno sanitario son 2.2243 hectáreas y deja la posibilidad de incrementar la vida útil del mismo a 20 años, ya que el área de la cual se dispone es de 8.8224 hectáreas, tomando en cuenta que se utilizarán 0.4 hectáreas para la nave industrial (se realizará la separación debida de los Residuos Sólidos, así como almacenaje, etc.), quedaran disponibles 6.1981 hectáreas que se ocuparán para relleno.

5. Referencias Bibliográficas

- [1] Guzmán R., Leyva P. Código Sanitario y sus Decretos Reglamentarios. Tomo I. Bogotá Colombia, 1988. Pp. 471-472.
- [2] Bernard J. Nevel. CIENCIAS AMBIENTALES Ecología y Desarrollo Sostenible. Editorial PEARSON, México. Pp. 511-513.
- [3] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de la 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 manejo especial. Diario Oficial de la Federación, 2004.
- [4] Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. NMX-AA-61-1985, Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo - Residuos Sólidos Municipales - Determinación de la Generación. Diario Oficial de la Federación, México, 1985.
- [5] Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. NOM-AA-015-1985, Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo - Residuos Sólidos Municipales - muestreo - Método de Cuarteo. Diario Oficial de la Federación, 1985.
- [6] Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. NMX-AA-022-1985, Protección al Ambiente- Contaminación Del Suelo Residuos Sólidos Municipales-Selección y Cuantificación de Subproductos. Diario Oficial de la Federación, México, 1985.
- [7] Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. NMX-AA-019-1985, Protección al Ambiente- Contaminación del Suelo Residuos Sólidos Municipales-PESO VOLUMETRICO "IN SITU". Diario Oficial de la Federación, México, 1985.
- [8] Sandoval Alvarado L. Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario. Red de instituciones especializadas en capacitación para la gestión integral de Residuos Sólidos. San Isidro, lima, Perú. pág. 61-63
- [9] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Censo Nacional de Geografía 2010.
- [10] Jaramillo J. Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. Centro panamericano de Ingeniería sanitaria y Ciencias del Ambiente. Colombia, 2002. Pp. 274-277.



5° Encuentro Nacional de
Expertos en Residuos Sólidos.
Transformando residuos, construyendo sustentabilidad.



Modelación de la fase termofílica en un proceso de composteo

¹Diego Alejandro Nieto Monteros, ²Manuel de Jesús Macías Hernández, ³Anselmo Osorio Mirón,
³Martín García García, ³Gerardo Gonzalez Landero, ⁴Rogelio Bailón Mortales, ¹Fabían Robles
Martínez

¹Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología del Instituto Politécnico Nacional. Av. Acueducto de Guadalupe s/n. Barrio la Laguna Ticomán. C.P: 07340. Gustavo A. Madero, México DF. Tel. +52 (55) 5729 6000 ext. 56470. e-mail: froblemsm@ipn.mx

²Escuela Superior de Industrias Químicas e Industrias Extractivas del Instituto Politécnico Nacional. Campus Zacatenco. México D.F.

³Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Campus Orizaba. Veracruz, México.

⁴Planta de Composta del Instituto Politécnico Nacional. Campus Zacatenco. México D.F.

Resumen

La eficiencia del composteo recae en un buen desarrollo de la fase termofílica. En el presente trabajo se modeló la fase termofílica durante un proceso de composteo en pilas de diferentes dimensiones, para esto, dos pilas de 0.5m (PC1) y de 1m (PC2) de altura fueron elaboradas con madera triturada, hoja y pasto. Las pilas fueron volteadas semanalmente y regadas con agua, para mantener una humedad del 55%. La temperatura se midió con termómetros bimetálicos y termopares para obtener perfiles de temperatura del eje vertical y horizontal en ambas pilas. Para el modelo se utilizó la ecuación de Fourier de transferencia de calor en estado no estacionario unidimensional, que fue resuelta mediante el método de diferencias finitas explícito. La pila PC1 registró una $T_{max} = 67^{\circ} \text{C}$, PC2 de $T_{max} = 76^{\circ} \text{C}$. El modelo predijo en su totalidad las temperaturas obtenidas experimentalmente para las diferentes pilas. La distribución de temperaturas y la zona más caliente dentro de una pila de composta es diferente y cambia en el transcurso del tiempo. La duración e intensidad de la fase termofílica, así como la temperatura máxima y su variación en el tiempo se ve afectada por el tamaño de la pila de composta y por ende, por la cantidad de materia orgánica, humedad, densidad, porosidad y conductividad del material en las pilas en proceso.

Palabras Clave: *diferencias finitas, ecuación de Fourier, residuos verdes, temperatura.*

1. Introducción

En el último siglo, la intensa actividad agroindustrial y el consumismo humano han generado una gran cantidad de desechos biodegradables, los cuales deberían ser tratados en lugares adecuados y bajo procesos controlados con el fin de evitar efectos negativos en el medio ambiente (contaminación de tierra y agua, y producción de malos olores) [1].

En el área del tratamiento de residuos sólidos, en los últimos años el compostaje ha tomado gran importancia ya que permite procesar desechos orgánicos urbanos, desechos industriales y agroindustriales. Además, trabajado de manera adecuada es un bioproceso compatible con el medio ambiente [2]. Adicionalmente, el compostaje permite la reducción de patógenos y parásitos, y además el producto final (composta) puede ser utilizado para mantener y mejorar las tierras agrícolas [1], [3], [4].

El compostaje es un proceso aerobio donde se da la conversión de desechos orgánicos a CO_2 , NH_3 , H_2O , humus y calor, debido al metabolismo microbiano; obteniendo como producto final la composta la cual puede ser utilizada en la agricultura para mejorar las tierras de los cultivos [2].



Este proceso de biodegradación se lleva a cabo en dos fases, la fase biooxidativa y la de maduración o curado. La fase de biooxidación se realiza en tres etapas: i) una etapa mesofílica donde los microorganismos nativos que se encuentran en la materia orgánica mineralizan y metabolizan los compuestos orgánicos simples produciendo CO_2 , NH_3 , H_2O , ácidos orgánicos y calor, la acumulación del calor incrementa la temperatura en la pila; ii) etapa termofílica ($>45^\circ\text{C}$), donde los microorganismos termofílicos degradan lípidos, celulosa, hemicelulosa y lignina, en esta fase se produce la mayor reducción de materia orgánica y la reducción de organismos no termotolerantes (patógenos, parásitos, etc.); y iii) etapa de enfriamiento, se caracteriza por una reducción gradual de la temperatura y de la actividad microbiana debido a una reducción de los sustratos biodegradables, la pila es recolonizada por microorganismo mesófilos los cuales degradan los residuos de azúcares, celulosa y hemicelulosa. Posteriormente en la fase de maduración la composta se estabiliza y adquiere características húmicas. Cada fase del proceso de compostaje se caracteriza por poseer comunidades de microorganismos y hongos [1].

Por otro lado, un modelo matemático es un conjunto de ecuaciones que bajo ciertas condiciones y con un objetivo en específico proveen una descripción cercana con respecto a cierto sistema que se quiere investigar. Además, éstos permiten entender, describir, predecir, controlar u optimizar un proceso [5], [6], [7].

El proceso de compostaje es un sistema complejo en el que intervienen mecanismos físicos y biológicos. El acoplamiento de ambos mecanismos, por lo general no lineales, genera un proceso desafiante de analizar tanto empírico como teórico.

Sin embargo, algunos estudios han desarrollado modelos matemáticos aplicados al proceso de compostaje lo cuales se han enfocado en predecir la evolución del consumo de cierto sustrato, el crecimiento microbiano, el porcentaje de humedad, el consumo de oxígeno, la producción de dióxido de carbono, la reducción de nitrógeno y la reducción de patógenos. Por lo general estos estudios han sido realizados en bioreactores a nivel laboratorio y a escala piloto [5], [6], [7], [8].

Pero ningún estudio ha desarrollado un modelo matemático para evaluar la variación de temperatura en función de las dimensiones de la pila de composta a nivel piloto, por lo que el presente trabajo tuvo como objetivo modelar la fase termofílica durante un proceso de composteo en pilas de composta de diferentes dimensiones.

2. Metodología

2.1 Proceso de compostaje

En la Planta de producción de composta del Instituto Politécnico Nacional (Campus Zacatenco) se elaboraron dos pilas de composta con una altura de 0.5m (PC1) y 1m (PC2) de forma trapezoidal. Poseían desechos de poda, tales como: madera triturada, hierba, hojas y composta como inóculo (Ver Tabla 1).

Cada pila de composta fue volteada mecánicamente una vez por semana (con el fin de airear la materia orgánica) y regada con agua para mantener una humedad cercana al 55%.

2.2 Parámetros físico-químicos

Se midió la reducción de volumen diariamente a cada pila empleando un flexómetro. La densidad aparente se determinó colocando el material en un vaso de precipitación y pesándolo en una balanza.



Tabla 1. Composición de las pilas de composta

Desechos de poda	PC1		PC2	
	Kg	%	Kg	%
Madera	91.97	22.19	613.13	20.72
Hoja	57.23	13.80	599.52	20.26
Pasto	107.30	25.88	692.98	23.42
Composta	157.96	38.11	1053.10	35.59
Total	414.46	100	2958.73	100

Diariamente se midió la temperatura ambiental, en 6 puntos distintos sobre el eje vertical y horizontal (ver Figura. 1) para cada pila, empleando termómetros bimetálicos y termopares conectados al software Opto22.

A la muestra de composta que se obtenía semanalmente se le determinó % Humedad, % Materia orgánica, % Carbono orgánico, % Cenizas, pH por el método potenciométrico y % Nitrógeno total por el método micro-Kjeldahl.

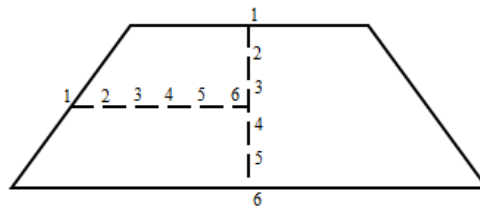


Figura. 1. Ubicación de los puntos de monitoreo de temperatura de la pila de composta.

2.3 Modelamiento matemático

Para el modelo matemático se empleó la ecuación de Fourier de transferencia de calor en una sola dirección en estado no estacionario y se resolvió mediante el método de diferencia finitas explícita. En primera instancia se consideró que existía difusividad (α) desde la superficie de la pila hacia el medio ambiente, este parámetro se obtuvo al resolver la ecuación (1) en la cual K/C_p es un parámetro global mientras que la densidad se obtuvo al ajustar los datos de densidad aparente obtenidos experimentalmente a una ecuación.

$$\alpha = \frac{K}{c_p} = \rho \left(\frac{\partial T \partial x^2}{\partial^2 T \partial t} \right) \quad (1)$$

La segunda consideración fue que la generación de calor (Q) se daba en el interior de la pila de composta, para lo cual se empleó la ecuación (2), en este caso Q/C_p es un parámetro global y los datos de reducción de volumen se ajustaron a una ecuación.

$$\frac{Q}{c_p} = \left(\frac{\rho}{V} \right) \left(\frac{\partial T}{\partial t} \right) - \left(\frac{K}{c_p V} \right) \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \right) \quad (2)$$



3. Resultados y discusión

3.1. Parámetros físicos

En la Figura 2 se muestra el porcentaje de reducción y el tiempo de bioproceso de las dos pilas de composta, se puede apreciar que la mayor reducción se obtuvo para la pila PC1. Por otro lado, se aprecia una diferencia en el tiempo del proceso de degradación por el cual pasaron los desechos verdes empleados, desde un material heterogéneo hasta obtener un material homogéneo como la composta.

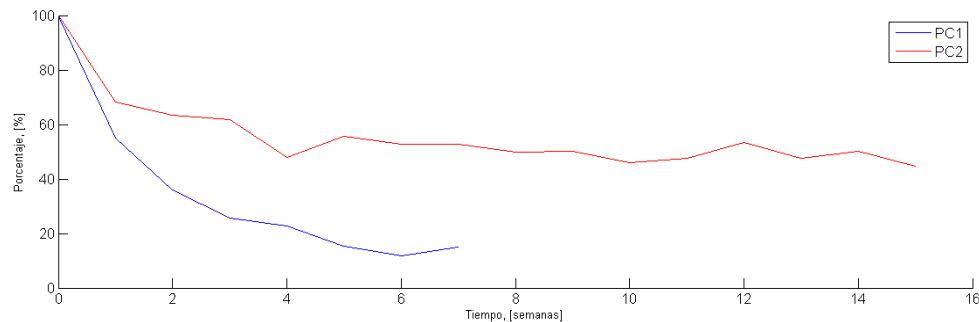


Figura. 2. Comparación de la reducción de volumen (%) entre las pilas de composta PC1 y PC2.

La primera semana del proceso de composteo, los residuos (madera triturada, pasto, hojas y composta madura) se colocaron en capas al momento de formar las pilas. Después de la primera semana y con los volteos sucesivos el material fue cada vez más homogéneo. Este cambio se ve representado en la densidad aparente la cual fue cambiando en el transcurso del bioproceso hasta alcanzar un valor constante. La Figura 3 muestra el cambio de densidad aparente ocurrido en las pilas de composta, la diferencia de éste entre ambas pilas puede deberse a la humedad que contenía la composta y a la cantidad de residuos verdes no degradados en su totalidad, como es el caso de la madera triturada.

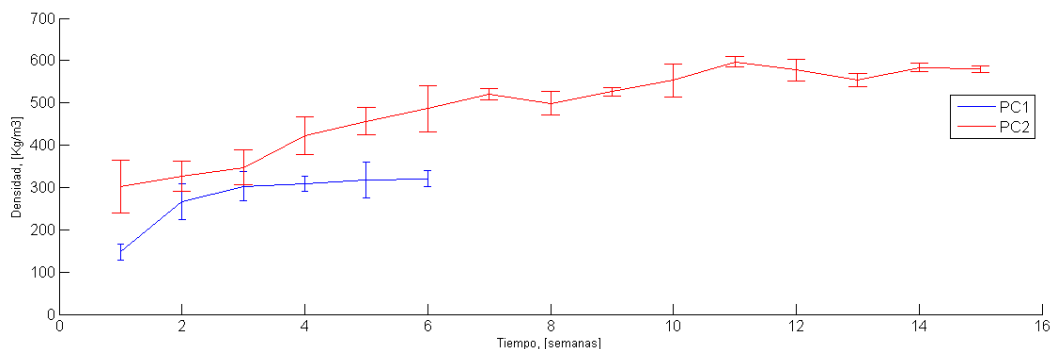


Figura. 3. Comparación de la variación de densidad aparente (Kg/m^3) durante el proceso de composteo entre las pilas de composta PC1 y PC2. Promedio de $n=3 \pm$ desviación estándar.

La humedad es uno de los parámetros físicos importantes dentro del proceso de composteo ya que permite la transferencia de masa dentro del sistema. Como se aprecia en la Figura 4 el porcentaje de humedad inicial entre las pilas se modificó debido a la variación de humedad que contenía cada material empleado en el inicio de la elaboración de las pilas de composta, además de que la cantidad de agua empleada al inicio no fue suficiente. Sin embargo, esto no impidió obtener las temperaturas iniciales para empezar el proceso de composteo. Además de que en el transcurso del tiempo la humedad fue poco a poco ajustándose a porcentajes óptimos de entre 50 a 60% [1], [4], [9], [10].

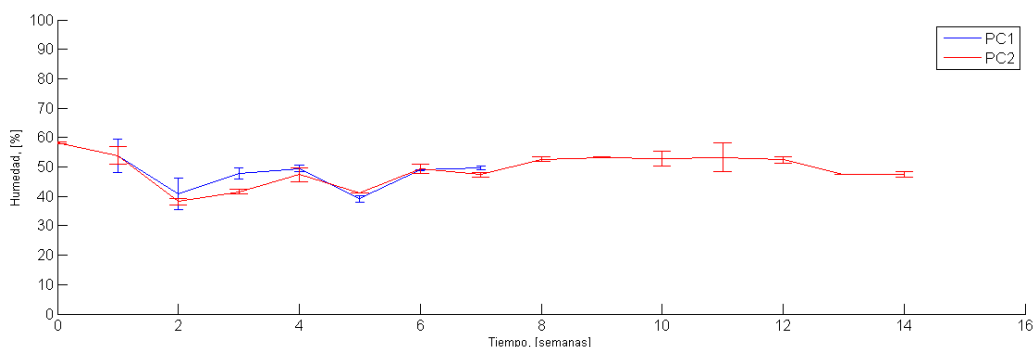


Figura.4. Comparación de la variación del porcentaje de humedad durante el proceso entre las pilas de composta PC1 y PC2. Promedio de $n=3 \pm$ desviación estándar.

Los resultados obtenidos muestran que las dimensiones de las pilas de composta influyen en la intensidad y duración de la fase termofílica del composteo. Además se observa una variación de la temperatura dentro del sistema, la cual depende del tamaño de la pila, de la humedad y densidad del material. La humedad y densidad del material influyen de manera importante en la transferencia de calor al interior y hacia el medio ambiente, lo que determina que la temperatura al interior de las pilas no sea homogénea, por lo que se observa un gradiente de temperaturas tanto en el eje vertical como horizontal. Por otro lado, la cantidad de materia orgánica fácilmente biodegradable determina la cantidad de calor que se generará durante el bioproceso.

Como se puede apreciar en la Figura 5, la pila PC2 registró las temperaturas más altas ($T_{max} = 76^\circ \text{C}$) durante todo el proceso (110 días), además de que estas temperaturas perduraron más tiempo, en otras palabras, su etapa termofílica tuvo mayor intensidad y duración. En contraste, la pila PC1 registró una etapa termofílica corta y menos intensa, registrando una T_{max} de 67°C durante el proceso (50 días). Las caídas de temperatura que se observan en la Figura 5 para ambas pilas se deben al riego y al volteo que se daba semanalmente.

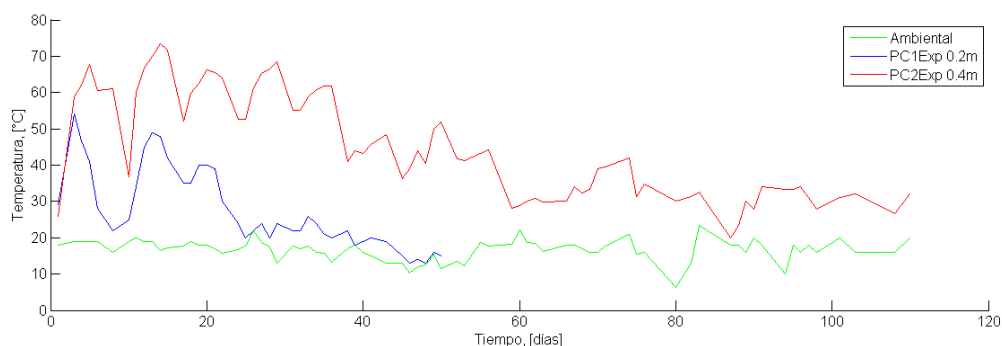


Figura 5. Evolución de la temperatura ambiental y de las pilas PC1 y PC2.

3.2. Parámetros químicos

En la Tabla 2 se muestran las características finales de la composta obtenida para las pilas PC1 y PC2. El % de materia orgánica para la pila PC2 se aproxima a los valores (35.83 ± 0.87) obtenidos en [11] empleando desechos verdes (madera triturada, pasto y hojas) para la obtención de composta. Sin embargo, el porcentaje de materia orgánica (50.11 ± 1.73) para la composta de la pila PC1 fue mayor, lo cual pudo deberse a que no se mantuvo una buena etapa termofílica durante el proceso de composteo. Se ha reportado ampliamente que en la etapa termofílica es donde se da la mayor degradación de la materia orgánica [1]. El porcentaje de carbono orgánico obtenido para la pila PC2



se acerca a los niveles (20.78 ± 0.51) reportados en la bibliografía [1] y [11]. La composta de la pila PC1 presentó $27.84 \pm 0.96\%$ de materia orgánica, esto pudo deberse al corto lapso de la fase termofílica que se obtuvo en esta pila. Los niveles de nitrógeno total alcanzados para la composta de la pila PC1 y PC2 se acercan a los obtenidos en otros trabajos [11] y [12] cuando se emplearon desechos verdes para la obtención de composta. El pH de la composta de cada una de las pilas cambió de neutro a básico desde el inicio del proceso de compostaje y se mantuvo así hasta el final. Esto se relaciona con la degradación de los compuestos nitrogenados, contenidos en el pasto y hojas, a amonio (NH_4^+) o amoníaco en solución ($\text{NH}_3 + \text{H}^+$) [1]. La relación C/N obtenida en la composta proveniente de las pilas PC1 y PC2 son mayores que las obtenidas en [11], sin embargo que el de la pila PC2 se acerca a los niveles descritos en [1]. Esto puede deberse a que la composta necesita más tiempo de maduración o también a que los porcentajes de carbono orgánico obtenidos fueron superiores.

Tabla 2. Comparación de las características físico-químicas finales de la composta

Parámetro	PC1	PC2
% Humedad	49.81±0.62	30.05±1.72
Densidad aparente (Kg/m^3)	320.54	580.60
% Materia orgánica	50.11±1.73	37.54±3.84
% Cenizas	49.89±1.73	62.46±3.84
% Carbono orgánico	27.84±0.96	20.85±2.13
% Nitrógeno total	0.90±0.18	1.04±0.01
C/N	29.56/0.90	21.77/1.04
pH	8.29±0.10	8.84±0.07

3.3. Modelamiento de perfiles de temperatura a diferentes profundidades

En la Figura 6 se compara el perfil de temperatura experimental contra el modelado, obtenido a partir de la ecuación de Fourier, para la pila PC1. Se puede apreciar que las temperaturas obtenidas a partir del modelo se ajustan de buena manera a las temperaturas obtenidas experimentalmente. En este caso el modelo permite replicar los días de riego y volteo los cuales no se presentan en trabajos anteriores [5], [6]. Además, en este caso se obtuvieron parámetros globales para difusividad (K/Cp) y generación de calor (Q/Cp), los cuales se contrastan con lo obtenido por otros autores [5], [6] donde la mayoría de constantes y parámetros fueron obtenidos de la literatura.

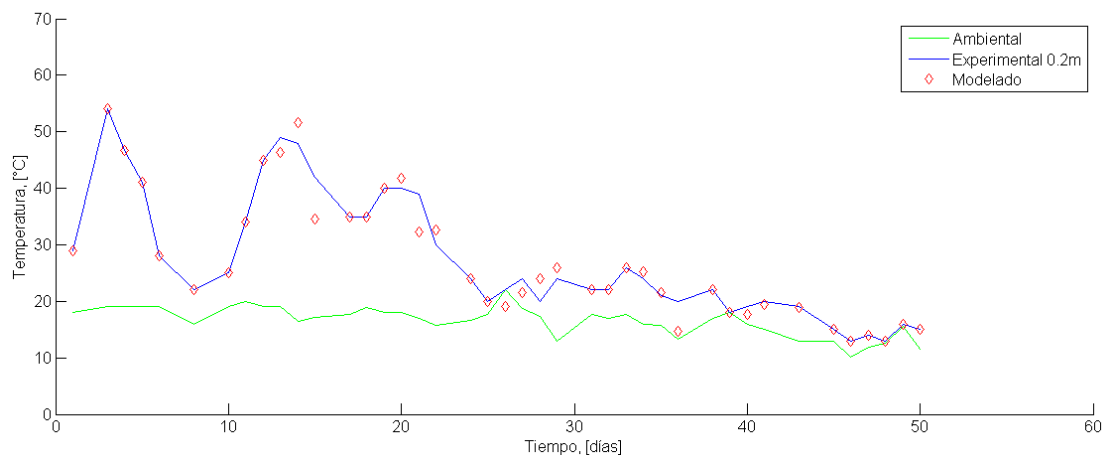


Figura.6. Comparación entre el perfil de temperatura experimental y modelado del eje horizontal (0.2m) para la pila PC1.



4. Conclusiones

El modelo predijo en su totalidad las temperaturas obtenidas experimentalmente para ambas pilas. La distribución de temperaturas y la zona más caliente dentro de una pila de composta es diferente y cambia en el transcurso del tiempo. La duración e intensidad de la fase termofilica, así como la temperatura máxima y su variación en el tiempo se ve afectada por el tamaño de la pila de composta. Además por la cantidad de materia orgánica, humedad, densidad, porosidad y conductividad del material en las pilas en proceso. Los parámetros globales de K/C_p y Q/C_p son un acercamiento a las propiedades térmicas del material, los cuales varían junto con las características del material.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la COFAA y a la Secretaria de Investigación y Posgrado del IPN por el financiamiento y a la Secretaria de Relaciones Exteriores por la beca de posgrado otorgada para la realización del presente trabajo.

5. Referencias Bibliográficas

- [1] Bernal, M., Alburquerque, J., Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. *Bioresource Technology* 100, 5444-5453.
- [2] Raut, M., William, S., Bhattacharyya, J., Chakrabarti, T., Devotta, S. (2008). Microbial dynamics and enzyme activities during rapid composting of municipal solid waste – A compost maturity analysis perspective. *Bioresource Technology* 99, 6512-6519.
- [3] Lemunier, M., Francou, C., Rousseaux, S., Houot, S., Dantigny, P., Piveteau, P., and Guzzo, J. (2005). Long-term survival of pathogenic and sanitation indicator bacteria in experimental biowaste composts. *Applied and Environmental Microbiology* Vol. 71, No. 10, 5779-5786.
- [4] Turner, C., Williams, A., White, R., Tillett, R. (2005). Inferring pathogen inactivation from the surface temperatures of compost heaps. *Bioresource Technology* 96, 521-529.
- [5] Mason, I. (2006). Mathematical modelling of the composting process A review. *Waste Management* 26, 3-21.
- [6] Petric, I., Selimbasic, V. (2008). Development and validation of mathematical model for aerobic composting process. *Chemical Engineering Journal* 139, 304-317.
- [7] Zhang, Y., Lashermes, G., Houot, S., Doublet, J., Steyer, J., Zhu, Y., Barriuso, E., Garnier, P. (2012). Modelling of organic matter dynamics during the composting process. *Waste Management* 32, 19-30.
- [8] Vlyssides, A., Mai, S., Barampouti, E. (2009). An integrated mathematical model for co-composting of agricultural solid wastes and industrial wastewater. *Bioresouce Technology* 100, 4797-4806.
- [9] Fernandes, L., Zhan, W., Patni, N., Jui, P. (1994). Temperature distribution and variation in passively aerated static compost piles. *Bioresource Technology* 48, 257-263.
- [10] Mohee, R., Mudhoo, A. (2005). Analysis of the physical properties of an in-vessel composting matrix. *Powder Technology* 155, 92-99.



- [11] Cantero, A. (2011). *Efectos de la aplicación de composta como mejorador de suelo y del desarrollo de dos especies vegetales*. Tesis de Magister, Instituto Politécnico Nacional, México D. F., México.
- [12] Saidi, N., Chérif, M., Jedidi, N., Mahrouk, M., Fumio, M., Boudabous, A. and Hassen, A. (2008). Evolution of biochemical parameters during composting of various wastes compost. *American Journal of Environmental Sciences* 4(4): 333-341.