



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

MODELO BIO-ETICO TECNOLOGICO PARA EL ACOPIO DE
ENVASES DE PET. PROYECTO PILOTO EN LA
FAC. DE CIENCIAS DE LA UNAM.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
B I O L O G O
P R E S E N T A:
FRANCISCO JAVIER ESPINOSA BURGOS



FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM

DIRECTORA DE TESIS: LIC. JULIETA VALENTINA GARCIA MENDEZ

2004



FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO
AVENIDA II
MEXICO

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:

Modelo bio-ético tecnológico para el acopio de envases de PET.
Proyecto piloto en la Fac. de Ciencias de la UNAM.

realizado por **Espinosa Burgos Francisco Javier**

con número de cuenta **9771575-7**, quien cubrió los créditos de la carrera de:

Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis

Propietario **Lic. en Pedagogía Julieta Valentina García Méndez**

Propietario **M. en C. Erendira Álvarez Pérez**

Propietario **Lic. en Psicología Leobardo Antonio Rosas Chávez**

Suplente **Biólogo Rafael Serrano Velázquez**

Suplente **M. en C. Aurora Zlotnik Espinosa** *Aurora Zlotnik*

Julieta García Méndez
Erendira Álvarez Pérez
Leobardo Rosas Chávez
Rafael Serrano Velázquez
Aurora Zlotnik

Consejo Departamental de **Biología**

Juan Manuel Rodríguez Chávez
M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez

FACULTAD DE CIENCIAS



UNIVERSIDAD DE ENSEÑANZA

DEDICATORIA:

*Con gratitud y respeto
a mis padres y familiares.*

*Por su apoyo, así como por
su ejemplo de tenacidad y nobleza.*

*Y por todo lo bueno que me han dado
y para lo cual no hay palabras
que lo puedan describir. . . .*

AGRADECIMIENTOS:

Agradezco a todos aquellos maestros que me inspiraron “ *el amor por el conocimiento* ”, entre ellos a mi Directora de Tesis la profesora **Julieta Valentina García** por el apoyo y paciencia que tuvo a lo largo de este trabajo, así como por su orientación y buenos consejos, mismos que enaltecen su gran vocación.

Por sus valiosos comentarios y sugerencias durante la revisión, mi más cordial reconocimiento a los sinodales de esta tesis:

Erendira Álvarez Pérez
Leobardo Antonio Rosas Chávez
Rafael Serrano Velázquez
Aurora Zlotnik Espinosa

De la misma forma, agradezco de manera muy especial a mi gran amigo **Sergio Pablo Montiel** y a su familia, por todo el apoyo y la ayuda que me han brindado.

También, a mis buenos amigos **Alfredo Ramírez** y **Vanesa Murray** por su invaluable amistad a lo largo de estos años.

A todos ellos, muchas gracias.

Fco. Javier Espinosa

EPÍGRAFE:

*Yo Nezahualcoyotl lo pregunto:
¿ Acaso de veras se vive con raíz en la tierra ?
No para siempre en la tierra:
Sólo un poco aquí.
Aunque sea de jade se quiebra,
aunque sea de oro se rompe,
aunque sea plumaje de quetzal se desgarrar.
No para siempre en la tierra:
Sólo un poco aquí.*

Nezahualcoyotl

*Del interior del cielo vienen
las bellas flores, los bellos cantos.
Los afea nuestro anhelo,
nuestra inventiva los echa a perder.*

*La amistad es lluvia de flores preciosas.
Blancas vedijas de plumas de garza,
se entrelazan con preciosas flores rojas:
en las ramas de los árboles, bajo ellas
andan y liban los señores y los nobles.*

**Fragmento del poema de Ayocuan
" Diálogo de la Flor y el Canto "**

Índice

Índice	1
Prefacio	3
Introducción	5
Capítulo 1. Planteamiento del problema y su marco teórico	7
Antecedentes	7
Bases teóricas y metodológicas	11
Cosmovisión ecosófica	11
Producción de PET	15
Consumo de productos envasados en PET	19
Consideraciones energéticas y ambientales en la producción de PET	21
Envases de PET desechados	24
Datos estadísticos sobre el PET en México	25
Composición y manejo de los residuos sólidos en el DF	27
Acopio	30
Reciclaje	32
Capítulo 2. Construcción del modelo experimental	36
Hipótesis	36
Objetivos	36
Generales	36
Específicos	36
Metodología	37
Resultados	38
Resultados cualitativos	38
Resultados cuantitativos	41

Capítulo 3. Discusión de resultados	47
Discusión y perspectivas de desarrollo	47
Conclusiones	51
Apéndice A	53
Fabricación de PET	
Apéndice B	57
Tipos de reciclaje de PET (mecánico, químico y energético)	
Apéndice C	65
Marco legal y financiero para el reciclaje en el DF	
Apéndice D	67
Reforma del artículo 115 de la Ley General de Salud para prevenir, tratar y controlar la obesidad en México	
Apéndice E	71
Ley para el manejo de residuos sólidos en el DF	
Referencias	73
Índice de Tablas, Gráficas y Figuras	78

Prefacio

Durante muchos años, los biólogos nos hemos preocupado por la taxonomía, la anatomía, la fisiología, los procesos celulares, la genética, etc., es decir, por estudiar los problemas biológicos analizando sus partes y fragmentándolos hasta llegar al nivel molecular. Es tiempo de preocuparnos por estudiar los problemas biológicos con un enfoque *integrativo y transdisciplinario* identificando las partes que integran al problema, sin perder de vista la forma en que éstas interactúan entre sí, incluidas las *propiedades emergentes* que conforman y caracterizan al “*todo*”, así como las relaciones e interacciones que lo integran a un ecosistema. Principalmente cuando se trata de problemas que amenazan al medio ambiente, los cuales no han sido estudiados con detalle y para los que no existe un marco teórico que nos proporcione la información básica de su comportamiento e implicaciones, como es el caso de los nuevos materiales plásticos como el *polietileno tereftalato* mejor conocido como **PET**, el cual es un material inerte para el que no hay organismos que lo degraden en la Naturaleza y que se comporta como un “*fluido estable con memoria*” que actualmente representa un nuevo tipo de contaminación para el medio ambiente.

En los últimos años, el desarrollo de los polímeros ha sido tan grande que se han convertido en nuestros compañeros inseparables, pues gran parte de las cosas que utilizamos están hechas de este tipo de materiales que por sus características físicas y facilidad de elaboración han reemplazado a la madera, al metal, al vidrio y a muchos otros materiales. Entre los plásticos, el **PET** ha cobrado en los últimos años gran popularidad al ser el polímero más utilizado para la elaboración de envases de todo tipo, incluyendo líquidos tales como solventes, ácidos y compuestos corrosivos. En la industria de las *bebidas envasadas* más conocidas como “**refrescos**” el PET ha desplazado al vidrio y la *producción mundial asciende a casi 6 millones de toneladas de envases desechables por año*. Lo que genera un gran problema de residuos sólidos, pues a pesar de existir cada vez más empresas dedicadas al reciclaje de **PET**, la mayor parte de estos envases son tirados a las calles, bosques, ríos, etc. Un cálculo de la Confederación de Cámaras Industriales CONCAMIN, ha estimado que *en México cada año se tiran a las vías públicas, bosques, ríos y playas alrededor de 90 millones de envases de refrescos*. Situación motivada en parte por la falta de una Legislación adecuada para el uso, manejo y recuperación de este material que por sus propiedades físicas tiene gran durabilidad, estimándose su ciclo de vida en aproximadamente 500 años.

Por lo anterior en esta tesis abordé el problema que representa el **PET** de forma integrativa en los niveles “*biológico, ético y tecnológico*”. Poniendo de manifiesto la falta de estudios detallados del **impacto ecológico** que produce este material, así como el **costo ambiental** que implica introducir a los ecosistemas enormes cantidades de un material inerte que no es biodegradable (413 000 toneladas en nuestro país sólo en el año 2000) y que a pesar de su reducido peso (24 gr. por botella) puede ocupar un enorme volumen (41.272m³ por tonelada) y una amplia cobertura de la superficie donde es depositado (242 m² por cada tonelada), que al evitar el paso de la luz solar y crear condiciones de anoxia altera los procesos de biodegradación de la materia orgánica del relleno sanitario.

Por otra parte, a pesar de que los productores de PET aseguran que es un material inerte que no contamina y que por su *alta capacidad calorífica* puede ser utilizado como un combustible alternativo, el descubrimiento de que al ser quemado junto con otros materiales presentes en los basureros puede generar **dioxinas** (compuestos carcinogénicos) lo convierten en un peligro potencial.

De manera complementaria se pudieron inferir otros problemas derivados del alto consumo de refrescos como lo son: **contribución a la obesidad** y a la **diabetes** a largo plazo. Así como la falta de *políticas* y una escasa *educación ambiental** para el manejo de los materiales desechables.

Finalmente, se demostró que es posible establecer un modelo de acopio de materiales de desecho considerados **“basura”** sin utilidad alguna, evitando que fueran llevados al relleno sanitario o que permanecieran tirados, estableciendo una vía alterna que cierra el ciclo entre la generación, uso y su posterior reutilización mediante el reciclaje. Lo cual es en el presente la mejor alternativa, aunque a mediano plazo no soluciona el problema que representa el **PET** para el medio ambiente.

* Se utiliza este término por su uso extendido, aunque estamos en el planteamiento de algún concepto que planteé la educación para un *desarrollo sustentable*

Introducción

Tal como lo planteara el biomatemático Jacob Bronowski en los años 70's, el entendimiento de la naturaleza debe tener como meta la comprensión de la naturaleza humana y de la condición humana dentro de la naturaleza. Esto porque ha llegado el tiempo de aportar a la comprensión de la vida, particularmente de la humana, la misma unidad de criterio que se ha aplicado a la comprensión del mundo físico [1].

Resultan importantes las visiones de Félix Guattari y Fritjof Capra, que hacen una clara radiografía del comportamiento social e histórico de la cultura actual, cuya aguda visión crítica, científica y didáctica nos muestran un camino a seguir. La nueva comprensión de la vida –como nos dice Capra– debe ser contemplada como la vanguardia científica del cambio de paradigmas, de una concepción del mundo mecanicista hacia una ecológica. Que esté apoyada en la tradición intelectual del **pensamiento sistémico** y de los **modelos y teoría de los sistemas vivos** desarrollados durante las primeras décadas del siglo XX [2].

Estos fundamentos forman las raíces históricas y conceptuales del marco científico de una emergente **teoría de los sistemas vivos**, capaz de ofrecer una visión unificada de mente, materia y vida en toda su extensión. En tanto que antes la ciencia trataba de explicar los fenómenos observables reduciéndolos al juego de las unidades elementales investigables independientemente una de la otra, en la ciencia contemporánea aparecen actitudes que se ocupan de lo que un tanto vagamente se llama <<totalidad>>, es decir, problemas de organización, fenómenos no descomponibles en acontecimientos locales, interacciones dinámicas manifiestas en la diferencia de conducta de partes aisladas o en una configuración superior, etc; en una palabra, <<sistema>> de varios órdenes, no comprensibles por la investigación de sus partes aisladas [3].

En el presente, nuevos problemas biológicos para el medio ambiente están surgiendo, esto como resultado de las prácticas de explotación indiscriminada de los recursos naturales y de la producción de grandes cantidades de materiales artificiales (que no existen en la naturaleza, por lo que **no pueden** ser degradados fácilmente ni ser usados como recurso en algún ciclo natural) y que son creados sólo para satisfacer el creciente mercado de producción de grandes cantidades de *productos desechables* a los que el mercado mismo les ha asignado un *valor de consumo* pero no de reventa, pues de ser así se acabaría el lucrativo negocio de producirlos.

Por otra parte, las formaciones políticas y las instancias ejecutivas se muestran totalmente incapaces de aprender de esta problemática en el conjunto de sus implicaciones.

[1] Bronowski, Jacob, 1979. *El ascenso del hombre*, México, Fondo Educativo Interamericano, 449 pp.

[2] Capra, Fritjof, 1998. *La trama de la vida*, Barcelona, Anagrama, 359 pp.

[3] Von Bertalanffy, Ludwig, 1991. *Teoría general de los sistemas*, Buenos Aires, Fondo de Cultura Económica, 449 pp.

Aunque recientemente hayan iniciado una toma de conciencia parcial de los peligros más llamativos que amenazan el entorno natural de nuestras sociedades, en general se limitan a aprobar el campo de la contaminación industrial, pero exclusivamente desde una perspectiva tecnocrática, cuando en realidad sólo una articulación ético-política –denominada *ecosofía*– entre los tres registros ecológicos, del medio ambiente, el de las relaciones sociales y el de la subjetividad humana, sería susceptible para clasificar convenientemente estas cuestiones [4].

Siguiendo los criterios anteriores, en la presente tesis enfoqué el problema de los materiales plásticos desechables en una dimensión *biológica, ética y tecnológica* de una manera integrativa con los enfoques de la *teoría de los sistemas* y la *ecosofía*, mismos que fusionan los sistemas sociales y medioambientales con los de la subjetividad humana, analizando toda problemática en términos de sus “*relaciones e implicaciones*”.

En consecuencia, los resultados que encontré fueron sorprendentes, pues los **altos niveles de consumo**, aunados a los **malos hábitos alimenticios**, los **intereses de las economías de mercado** y la **escasa educación ambiental**, entre otros, están generando no sólo problemas irreversibles al medio ambiente mundial, sino también están lesionando seriamente la salud de una sociedad insaciablemente consumista, que apoyada en la cómoda e irresponsable moda del “**útese y tírese**” es manipulada por la poderosa industria de mercadotecnia y producción con la que las políticas economías de mercado dirigen el mundo y dictan nuestros criterios a través de los medios masivos de comunicación.

Por esto es urgente adquirir **conciencia ecológica** y **recobrar nuestra voluntad** para reorganizar nuestras prácticas de consumo, de tal manera que nos brinden un bienestar material y moral, y que contribuyan a una armónica relación social y mental con el medio ambiente, garantizando la permanencia del patrimonio genético de la biodiversidad junto con los recursos naturales que lo sustentan.

[4] Guatari, Felix, 1996. *Las tres ecologías*, 2^{da}. Edición, Valencia, Pre textos, 79 pp.

Capítulo 1

Planteamiento del problema y su marco teórico

ANTECEDENTES

En las últimas décadas, el plástico revolucionó a la industria mundial y sus cualidades han mejorado a la par del desarrollo de la tecnología. Hoy el desafío es mayor, ya que se busca mejorar cualitativamente sus posibilidades de reciclaje de manera tal que deje de ser un residuo no degradable y mantenga sus costos de producción o los reduzca. Sin embargo, el plástico tiene algunos aspectos desfavorables, al ser de gran durabilidad por su lento proceso de degradación, su acumulación requiere de más espacios para su disposición final. Frente a este problema no quedan muchas alternativas para el plástico desechado: se le puede acumular, quemar o reciclar.

Los plásticos como el PET, tienen una excelente durabilidad, y se espera que su período utilizable se extienda mediante el reciclaje, a fin de contribuir a la conservación de energía y recursos, ver **Apéndice B**. La creciente oferta industrial y la demanda por parte de los consumidores ha impulsado de manera importante el desarrollo de nuevas tecnologías para el empaque y embalaje de diversos productos de consumo diario. Las **industrias del empaque y del embalaje** son de las más importantes en nuestro país, de hecho, se ha identificado que participa con el **1.16 por ciento del PIB** y el **10.3 por ciento del PIB manufacturero** [5].

Los materiales comúnmente utilizados para el empaque y embalaje a nivel nacional y de exportación son el vidrio, el metal, el papel, el cartón y el plástico, y de éstos, el plástico ocupa un lugar importante dentro de la industria (844 mil toneladas anuales, 8.9 Kg/persona – según *datos mostrados dentro de la justificación para la iniciativa de Ley Federal de Empaques y Embalajes, a cargo del Grupo Parlamentario del Partido Verde Ecologista de México, PVEM* -), ya que posee características muy particulares que favorecen el manejo y distribución de productos, además de alta resistencia a pesar de ser un material liviano; estas características entre otras, han favorecido el desarrollo de esta industria, con la mayor diversificación de estos productos y por supuesto, de su consumo [6], ver **Apéndice A**.

La Dirección General de Servicios Urbanos del Gobierno del Distrito Federal, reporta una disposición final de plásticos de 761.9 ton/día; dentro de éstas, 14.1 toneladas pertenecen a envases hechos de PET ocupando espacios innecesarios en las celdas de confinamiento del relleno sanitario y con un tiempo de vida media muy largo (de aproximadamente 500 años). Si aunamos a esto las 90 millones de botellas que según los cálculos de la CONCAMIN son tira-

[5 y 6] El PET y su situación actual en el DF, Secretaria del Medio Ambiente del Distrito Federal [Consulta en línea].

das anualmente en las vías públicas, bosques, ríos y playas de México, tendremos una idea más clara de la magnitud del problema que representa desechar este material [7].

Al ver los datos anteriores y sus implicaciones ambientales, resulta interesante recordar que los *recursos* naturales son una fuente de materias primas limitadas, disponibles sólo para ser usadas y transformadas con un sentido racional. Como sabemos, en la naturaleza todo está jerarquizado mediante niveles de organización, siguiendo cadenas tróficas o ciclos vitales que rigen cada proceso permitiendo a cada elemento interactuar con el todo formando una “*red*” de relaciones e interacciones dinámicas y complejas que son la base de la vida. Donde cada elemento de la red puede ser “*residuo*” de un “*proceso*” y “*recurso*” de otro, lo que implica un frágil equilibrio dinámico. Factores como el clima, la actividad geológica, los patrones de distribución de la biota, entre otros, participan en dicho equilibrio dinámico. A pesar de los esfuerzos y avances realizados para la comprensión de las leyes que regulan la dinámica de la red, no ha sido posible caracterizarlos con precisión, ya que son procesos no lineales altamente complejos, y en algunos casos ni siquiera existen estudios detallados ni teorías que expliquen completamente su comportamiento, como es el caso de los materiales desechables tales como los plásticos, el cartón, las pilas etc.

Recordemos que todo organismo requiere un espacio en el ambiente, así como elementos del medio tales como agua y nutrientes para poder vivir. El hombre como parte de la naturaleza también está inmerso en el ambiente pero es el único organismo capaz de alterar su entorno natural para crear uno artificial. Y a pesar de que han existido y aún prevalecen culturas preocupadas por vivir en armonía con su entorno natural, las sociedades de consumo han basado su economía en la explotación irracional de los recursos naturales, fomentando la despreocupación y la nula planeación para amortiguar las consecuencias ambientales de utilizar y sobre explotar a la Naturaleza, ya que la tecnología y los estilos de vida cotidianos se han enfocado en proveer y solucionar de la manera más fácil las necesidades de aquellos que tengan la solvencia pecuniaria para pagar por sus servicios, sin importar las repercusiones que a mediano plazo, para sí mismos y el entorno puedan tener estas actitudes, que promueven prácticas como el consumo indiscriminado bajo la lucrativa modalidad de “*útese y tírese*”, que benefician a unos pocos en detrimento del patrimonio de otros muchos.

De esta forma, para poder satisfacer la necesidad de tomar agua o algún otro líquido hidratante, han ideado el uso de un recipiente plástico que una vez consumido el líquido, el recipiente (a pesar de su gran durabilidad y versatilidad) pierde todo interés y utilidad, dado que se considera cumplido el propósito para el cual fue creado. En nuestras sociedades de consumo, a ese recipiente que ha cumplido con su función primaria, no se le permite adquirir más funciones y valores, clasificándolo como “*material basura*” y convirtiéndolo en una carga para el medio ambiente, que por su extenso ciclo de vida (500 años aproximadamente) la Naturaleza no puede disponer de este material para degradarlo e incorporarlo como recurso de algún ciclo biológico. En estas condiciones dicho envase plástico convertido ahora en una carga para el ambiente, puede estar ocupando un espacio, sustrato o nicho ecológico que podría ser aprovechado por algún organismo o simplemente interferir en los ciclos biológicos

[7] México: campaña nacional de reciclaje de envases plásticos, Noticias Agua y Saneamiento,2003 [Consulta en línea].

como el del agua o aislando las reacciones de sustratos del suelo o los procesos de biodegradación al bloquear el paso de la luz solar.

Dados los problemas de impacto ambiental latentes, los profesores y alumnos de la asignatura optativa “**Didáctica de la Biología**” de la carrera de biología nos dimos a la tarea de crear proyectos ecosóficos que problematizaran las practicas cotidianas para ser trabajados en la comunidad de la Facultad de Ciencias de la UNAM, entre otros se planteo del PET. La realización de proyectos iniciaron con acciones tendientes a amortiguar el impacto de ambiental producido por la actividad académica en la Facultad de Ciencias.

El “*Proyecto de acopio de PET*” se caracterizó por iniciar acciones que involucraban aspectos biológicos, pedagógicos, económicos, culturales, sociales, científicos, de salud, de seguridad, etc., destacando:

el *biológico*, que primero afecta al hombre al generar la perdida de espacios por el volumen requerido para el depósito del PET desechado y las reperturbaciones que produce en la Naturaleza al fomentar la explotación de petróleo, consumo y de materias primas y energía para su fabricación y distribución, obstrucción de ríos, alteraciones en los procesos de biodegradación en los suelos donde es depositado, etc.

el *pedagógico*, que implica educar para el desarrollo humano sustentable

el *pecuniario*, que muestra el derroche de la comunidad

el *cultural*, que refleja los malos hábitos de consumismo dirigidos por la mercadotecnia

el *social*, que deja ver el alto nivel de consumismo y que también implica un grado de responsabilidad individual

el *de salud*, que por el alto índice en el consumo de refrescos, está predisponiendo a la población a padecer de diabetes

Promover la separación e iniciar el acopio en la Facultad de Ciencias fue la primera parte del proyecto, ya que así se evitó la mezcla de materiales de distinta naturaleza denominada comúnmente como “**basura**”, así como también que los **33 600 envases** con un peso de **1.6 toneladas** y un **volumen de 68.35 m³** * que se acopian anualmente sólo en la Facultad de Ciencias, fueran enviados al relleno sanitario o que parte de ellos permanecieran tirados en las áreas verdes, drenajes, estacionamientos o circuitos de CU. Con esta iniciativa se demostró que es menos dañino para el medio ambiente acopiar los envases para su posterior reciclaje (para la producción de nuevos plásticos) que dejarlos sin conocer su destino final.

Acopiar los envases de PET implicó aspectos burocráticos como gestionar con las autoridades la autorización para tener un espacio al aire libre a un lado del estacionamiento de la Facultad para almacenarlos, que después de muchas cartas y múltiples argumentaciones que explicaban y demostraban la necesidad de tener ese espacio para el acopio se logró conseguir. Así mismo fue necesario idear la forma de construir los contenedores primarios para que se depositara el PET (también conocidos en la Facultad como “**monstruos PET**”) cuyo costo tendió a cero, ya que se acudió a una empresa a solicitar la donación de rejas de madera de las usadas por los montacargas para acomodar mercancías, las cuales después de otra serie de cartas y negociaciones se consiguieron.

* Cifras obtenidas con el muestreo de éste trabajo de tesis, que para el momento de su revisión final, mientras el “*Proyecto de acopio de PET*” funcionaba correctamente ya se habían duplicando.

Una vez obtenidas las rejas se pasó por una serie de pruebas de cómo armarlas hasta que se concluyó que amarrarlas con alambre para formar cubos era la forma más práctica y segura, pues clavarlas resultaba más difícil y peligroso para quién lo hacía.

De esta forma fue como se obtuvieron los 5 contenedores utilizados en el acopio y el lugar para almacenar el PET, que constituyeron los recursos materiales básicos para comenzar el proyecto. Pero la participación más importante fue la de la comunidad, obtenida mediante la colaboración voluntaria de los alumnos de la materia optativa “**didáctica de la biología**” que se imparte desde 2002 en el Departamento de Biología, quienes convencidos de la necesidad de emprender acciones concretas para contribuir a reducir los problemas de la Facultad de Ciencias, dedicaron mucho tiempo y esfuerzo para hacer funcionar el proyecto e influir en la actitud y prácticas de la comunidad. Con tareas que incluían desde recoger los envases de PET tirados por toda la Facultad para llevarlos a los contenedores, sacar los múltiples materiales orgánicos contaminantes (algunas veces putrefactos y mal olientes, ya en estado de descomposición) hasta vaciar los contenedores en costales y cargarlos hasta el contenedor terminal situado a un lado del estacionamiento donde eran acopiados.

En la investigación en línea realizada en la **Biblioteca Central**, la **Biblioteca de la Facultad de Ciencias** y en tesis de la **UNAM**, no encontré ningún precedente directo de trabajo o investigación sobre los desechos sólidos, su magnitud, origen y destino en la propia **UNAM**, así como de sus impactos en la comunidad; los únicos trabajos relacionados que se han realizado giran en torno a la **educación ambiental** y surgieron en la **Facultad de Filosofía y Letras**, mientras que en la **Facultad de Ciencias** sólo se han realizado 4 trabajos de tesis enfocados a la “**educación ambiental desde la perspectiva del desarrollo sustentable**”.

Debido a la carencia de información en libros, tesis y trabajos de investigación universitarios, la mayor parte de los datos disponibles y actualizados los obtuve de fuentes electrónicas en *Internet*, mismos que provienen de artículos publicados en revistas, periódicos y de boletines de información de entidades gubernamentales dedicadas a la conservación del medio ambiente como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), así como también de algunas asociaciones civiles como GREENPEACE A. C. o empresariales como la Asociación para Promover el Reciclaje del PET (APREPET) y Ecología y Compromiso Empresarial (ECOCE).

De esta forma en la presente tesis se incluyen como parte del enfoque, visiones integrativas y de síntesis, resultado de la capacidad desarrollada a lo largo de la carrera para analizar, plantear y evaluar problemas científicos y proponer soluciones que permitan comprender mejor los procesos de cambio y sean capaces de generar conocimiento y nuevas prácticas biológicas. También se incluyeron criterios y visiones particulares y generales, articulados mediante una metodología teórica y experimental, enmarcada en la responsabilidad y ética que todo científico y ciudadano deben tener consigo mismo, la sociedad su medio ambiente y su futuro.

BASES TEÓRICAS Y METODOLÓGICAS

Cosmovisión ecosófica

Para ilustrarla, lo mejor es revisar las reflexiones y conclusiones a las que **Félix Guattari** llegó como resultado de su ardua y prolífica labor intelectual en beneficio del medio ambiente y la cultura contemporánea [8]:

La humanidad no ha sacado partido de los medios científicos y tecnológicos, y sigue perpleja, impotente ante los retos a los que se enfrenta. Contribuyendo pasivamente a la contaminación del agua y del aire, a la destrucción de los bosques, al cambio climático, a la desaparición de una gran cantidad de especies, al empobrecimiento del capital genético de la biosfera, a la destrucción de los paisajes naturales, a la asfixia en que viven sus ciudades y al progresivo abandono de los valores culturales y de las referencias morales acerca de la solidaridad y la fraternidad [...].

Por eso yo abogo por la invención **-bajo los auspicios de una nueva confluencia de la ecología medioambiental, la ecología social y la ecología mental-** de un nuevo montaje colectivo de enunciados en lo que se refiere a la familia, a la educación escolar, al entorno social, etc. [...].

Por otra parte, el asentamiento de los grandes ejes de poder sin duda contribuirá a que se instituya una regulación **-podríamos llamarla "orden planetario"-** de naturaleza geopolítica y ecológica. Al favorecer la aplicación de grandes cantidades de recursos para fines de investigación o programas humanitarios y ecológicos, la presencia de estos ejes podría desempeñar un papel determinante en el futuro de la humanidad [...].

Sin un cambio de mentalidad, sin entrar en la **era postmedia**, no puede haber un control duradero del entorno. Sin embargo, sin modificaciones en el entorno social y material, no puede haber un cambio en las mentalidades. Nos encontramos ante un círculo que me lleva a postular la necesidad de fundar una **"ecosofía"** que enlace la **ecología medioambiental con la ecología social y mental** [...].

El mercado mundial no tiene que dirigir la producción de todos los grupos humanos en nombre del crecimiento universal. El crecimiento capitalista no deja de ser puramente cuantitativo, mientras que un crecimiento complejo se ocuparía esencialmente de lo cualitativo. No es ni la hegemonía del Estado (como aparece en el socialismo burocrático) ni la del mercado mundial (bajo la bandera de las ideologías neoliberales) la que debe dictar el futuro de las actividades humanas y sus objetivos esenciales. Es, por tanto, necesario poner en marcha un diálogo planetario y promover una nueva ética de la diferencia que sustituya los poderes capitalistas actuales por una política basada en los deseos de las personas. Pero, ¿no nos llevaría esto al caos? A esta pregunta mi respuesta sería que la trascendencia del poder ya lleva, en todo caso, al caos, como demuestra la crisis actual. ¡En todo caso, el caos democrático es mejor que el caos producto del autoritarismo! [...].

[8] Guattari, Félix, Para una fundación de las practicas, 1992 [Consulta en línea].

La maquinaria de producción que se encuentra en la base de la economía mundial comulga de manera nunca vista con las llamadas industrias líder. No tiene en cuenta los otros sectores que caen a la cuneta porque no generan beneficios de capital.

La democracia de las máquinas tendrá que volver a equilibrar los actuales sistemas de valorización. Producir una ciudad limpia, habitable, animada, plena de interacción social, desarrollar una medicina humana y efectiva y una educación enriquecedora son objetivos tan dignos como los de una línea de producción de automóviles o los de un equipo electrónico de alto rendimiento [...].

Las máquinas de hoy en día - tecnológicas, científicas, sociales - son capaces potencialmente de alimentar, vestir, transportar y educar a todos los seres humanos: los medios están disponibles, a nuestro alcance, para mantener con vida a los 10 mil millones de habitantes de este planeta. Son los sistemas de motivación para la producción y distribución justa de productos los que no dan la talla. La participación en la consecución de un bienestar material y moral, en una ecología social y mental, debería valorarse al mismo nivel que el trabajo en sectores líder o en especulación financiera....

Partiendo de las profundas reflexiones y advertencias que hace Guattari, podríamos recordar que anteriormente otras sociedades ya habían hecho un uso intensivo de sus recursos con efectos ambientales muy importantes. Basta citar que los egipcios hace más de cinco mil años, acabaron con sus bosques, ahora convertidos en desiertos, y que los antiguos griegos, antes de la era cristiana, ya habían talado y agotado sus bosques propiciando la erosión de los suelos y convirtiendo a Grecia en el estéril lugar que es hoy. Incluso, recientemente, se ha propuesto la teoría de que la decadencia del imperio romano hace dos mil años, se debió a la intoxicación masiva de la población, que se contaminó con el plomo de las vasijas que eran empleadas para guardar el agua y el vino. También debemos recordar que Europa, desde hace cientos de años, ha sufrido la explotación intensiva de todos sus recursos minerales que hoy se encuentran prácticamente agotados y que el mar Mediterráneo, esta al borde de convertirse en un mar muerto [9].

No sobra mencionar que **“quien no conoce la historia, esta irremediablemente condenado a repetirla” . . .**

De esta forma, es tal el impacto de la industrialización en cualquier sociedad, que su estabilidad económica y desarrollo dependen de que cada uno de los sectores tenga clara conciencia de la importancia de su fomento y de su éxito, como factor básico en la generación de la riqueza social y su distribución más equitativa.

Asimismo, y particularmente en los tiempos modernos, el proceso de industrialización se ha visto influido de manera directa por el desarrollo político y económico de los países y su relación con las demás naciones, siendo también más o menos vulnerable en relación con su competitividad y dependencia tecnológica [10].

[9 y 10] Tornel C, Raúl,. *Industria y Medio Ambiente, La guía ambiental* [Consulta en línea].

Para resolver muchos de los problemas actuales que amenazan la ecología, la salud y el equilibrio ambiental, como el caso del PET, es necesario [11]:

- 1) romper con los viejos paradigmas y creencias de los empresarios y las naciones, sobre la posesión de los secretos industriales en relación con la tecnología de los equipos, el uso de las materias primas y los procesos productivos, que no se pueden compartir
- 2) tener una cultura de apertura, una actitud y aptitud al cambio, a la innovación y al desarrollo tecnológico comunitario
- 3) desarrollar los programas de formación y capacitación, así como la transferencia de información tecnológica

Pero la verdadera respuesta a la crisis ecológica sólo podrá hacerse a escala planetaria y a condición de que se realice una auténtica revolución política, social y cultural que oriente los objetivos de la producción de los bienes materiales e inmateriales [12].

De esta forma, mediante una **educación ambiental** basada en el criterio anterior y encuadrada en el contexto de la ecosofía, se iniciará el proceso que contribuya a la unificación del saber y creé así también una toma de conciencia de raíces profundas, de las motivaciones escondidas del saber, bajo un modelo que puede llamarse *holístico, ecológico y sistémico*. En este modelo el ambiente es una especie de escenario en el que se recrea la complejidad de las representaciones que el hombre ha construido con los otros de sí mismo, donde el *antropocentrismo* y el *biocentrismo* puedan convivir armónicamente [13].

A pesar de los grandes retos que representan los problemas ecológicos, se está avanzando, y no son nuevas las propuestas; así en 1972 la **Organización de las Naciones Unidas** designó el **5 de junio como el día mundial del Medio Ambiente** con el fin de proporcionar la reflexión sobre los problemas que el hombre ha causado al planeta a consecuencia del uso irracional de los recursos naturales [14].

También en 1972 los líderes mundiales deciden reunirse cada diez años para analizar el estado del medio ambiente y el impacto del desarrollo sobre la naturaleza. La primera reunión tuvo lugar en Estocolmo, Suecia, en la conferencia sobre medio ambiente humano de la ONU para debatir sobre aspectos ambientales a escala planetaria. Esta reunión concretó los principios básicos sobre los problemas ambientales y las obligaciones de los individuos y de los estados para resolver estos problemas. En 1982 se realiza la segunda reunión en la **Conferencia de la ONU en Nairobi, Kenya**. Estado en plena Guerra Fría, la reunión fracasa en el intento de convertirse en la **Cumbre Oficial de la Tierra**.

[11] INA A.C. (Instituto Nacional de Aprendizaje) [Consulta en línea].

[12] Guattari, Félix, 1996. *Las tres ecologías*, 2da. edición, Valencia, Pre textos, 79 pp.

[13] Ecosofía [Consulta en línea].

[14] Cultura del cuidado del medio ambiente, base para un desarrollo armónico, Contexto [Consulta en línea].

En 1992 se llevó a cabo la tercera reunión conocida como **La Cumbre de la Tierra** en Río de Janeiro, Brasil. Los líderes mundiales adoptan un plan de acción para el desarrollo sostenible global, conocido como **Agenda 21**. Y se generó un ambicioso programa para luchar contra el cambio climático, proteger la biodiversidad y erradicar la generación de las sustancias tóxicas. Se considera la cumbre internacional más importante sobre el medio ambiente jamás celebrada, en ella 172 gobiernos aprobaron importantes acuerdos con el propósito de promover el desarrollo sostenible, en los que llegaron a establecerse los derechos y obligaciones de los estados en aras de la protección ambiental. La última reunión fue en **2002, Cumbre de la Tierra en Johannesburgo**, Sudáfrica, entre el 26 de agosto y el 7 de septiembre. En la **Cumbre de Johannesburgo** se creó un plan de 50 hojas con medidas y acciones menos ambiciosas que la Agenda 21 en la Cumbre de Río, también fueron creadas 300 asociaciones voluntarias con planes y programas de acción propios. El plan de acciones cubre 5 áreas que son: agua y sanidad, energía, salud, agricultura y biodiversidad.

Proyectando los resultados de la siguiente manera [15]:

2010 reducir la tasa de pérdida de la biodiversidad.

2015 reducir a la mitad el número de personas sin acceso a servicios de sanidad.

2015 mantener o restablecer las poblaciones de peces.

2020 producir y usar productos químicos con métodos que no tengan efectos negativos para la salud y el medio ambiente.

[15] Conclusiones de Johannesburgo, Eco-sitio, 2003 [Consulta en línea].

Producción de PET

El *polietileno tereftalato*, más conocido como **PET**, fue patentado como un polímero para fibra por J. R. Whinfield y J. T. Dickson en 1941. La producción comercial de fibra de poliéster comenzó en 1955; desde entonces, el PET ha presentado un continuo desarrollo tecnológico hasta lograr un alto nivel de sofisticación basado en el espectacular crecimiento en la demanda del producto a escala mundial y a la diversificación de sus posibilidades de uso. A partir de 1976 es que se usa para la fabricación de envases ligeros, transparentes y resistentes principalmente para bebidas, sin embargo el PET ha tenido un desarrollo extraordinario para empaques, ver el **Apéndice A**.

En 1996, según datos del “Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente” (PNUMA), el **“4% de la producción de petróleo bruto se destinó a la fabricación de plástico”**. También, se reportó que se requiere de **18.7 toneladas de petróleo para fabricar 3.74 toneladas de plástico**. Lo que nos da una **relación de 5 a 1**, es decir: **“de cada 5 partes de petróleo, sólo 1 se convierte en plástico”** [16].

En México se comenzó a utilizar para la fabricación de envases a mediados de la década de los ochenta y ha tenido gran aceptación por parte del consumidor así como del productor, por lo que su uso se ha incrementado de manera considerable año tras año [17]. Actualmente, el principal uso para la resina PET es la fabricación de envases para:

- Bebidas Carbonatadas (más conocidas como Refrescos)
- Agua purificada
- Aceite comestible
- Alimentos varios
- Medicinas
- Productos de limpieza
- Productos de aseo personal
- Cosméticos, entre otros.

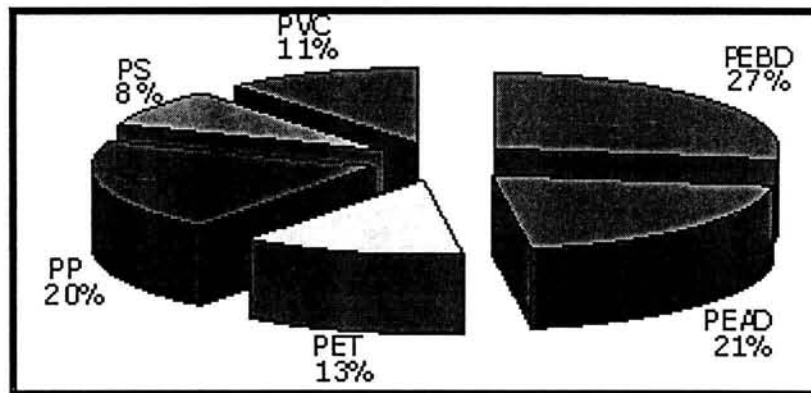
[16] El PET y su situación actual en el DF, Secretaria del Medio Ambiente del Distrito Federal [Consulta en línea].

[17] Galván, Julián, El envase plástico y sus posibilidades de reciclaje, APPET, [Consulta en línea].

La industria de los termoplásticos en México tiene una participación importante en la industria del envase y el embalaje, tal como lo muestran la **tabla 1** y la **gráfica 1** [18], para tener más detalles sobre los plásticos ver los **Apéndices A y B**.

Tabla 1. Consumo de los principales plásticos en México durante el año 2000.

Plástico	Abreviatura	Miles de toneladas
Polietileno de baja densidad	PEBD	870 (27%)
Polietileno de alta densidad	PEAD	658 (21%)
Polietileno Tereftalato	PET	413 (13%)
Polipropileno	PP	643 (20%)
Poliestireno	PS	265 (8%)
Policloruro de vinilo	PVC	355 (11%)
Total		3 204 (100%)



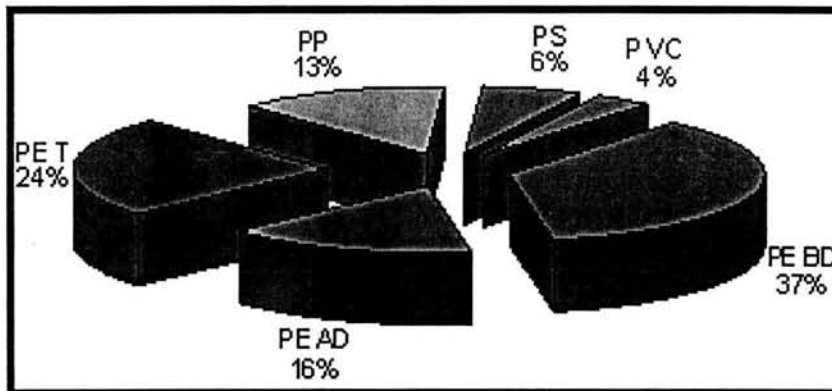
Gráfica 1. Distribución porcentual del consumo de los principales plásticos en México durante el año 2000.

[18] APREPET, A. C. [Consulta en línea].

Según estimaciones de la “Asociación para Promover el Reciclaje del PET en México” (APREPET), en promedio el **52.48%** de estos materiales plásticos (PET, PEAD y PP) fueron destinados a la fabricación de embalajes, como se muestra en la **tabla 2** y la **gráfica 2** [19].

Tabla 2. Utilización de plásticos para embalaje en México durante el año 2000.

Plástico	Abreviatura	Miles de toneladas
Polietileno de baja densidad	PEBD	609.2 (36%)
Polietileno de alta densidad	PEAD	269.8 (16%)
Polietileno Tereftalato	PET	408.9 (24%)
Polipropileno	PP	225.1 (13%)
Poliestireno	PS	108.7 (6%)
Policloruro de vinilo	PVC	60.4 (4%)
	TOTAL	1 681.7



Gráfica 2. Distribución porcentual de la utilización de plásticos para embalaje en México durante el año 2000.

Según los datos proporcionados por la Asociación Mexicana de Envases y Embalajes, por la Cámara Nacional de Fabricantes de Envases Metálicos, la Cámara Nacional de la Industria de la Celulosa y el Papel, así como por Bancomext, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI) y el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), durante 1998 la participación aproximada de la industria del plástico para la producción de envases a nivel nacional fue de **844 mil toneladas** [20].

[19] APREPET, A. C. [Consulta en línea].

[20] El PET y su situación en el DF, Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal [Consulta en línea].

La capacidad de producción de botellas de PET aumenta día con día, por ejemplo la empresa Wellman en el año 2000 alcanzó la cifra de 11 millones de botellas para refrescos [21].

El mercado mundial de los envases de PET es tan prometedor que en el 2001 se creó en Munich la feria mundial de tecnologías de bebidas y alimentos líquidos (Drinktec) a la cual acudieron 1,288 expositores de 48 países y alrededor de 70,000 visitantes de 127 países. Sus organizadores comentan que la producción mundial actual es de casi 6 millones de toneladas anuales y sus tasas de crecimiento van del 10 al 15 % por año[22].

A pesar del deterioro ecológico que produce el PET, el mercado nacional es muy prometedor, pues las industrias no tienen ningún compromiso por el daño ambiental que ocasionan, esto por la ausencia de legislación en materia de envases y el incondicional apoyo del gobierno al sector de la producción [23]. En contraste, en algunos países de Europa como Finlandia y Suecia, se ha creado un impuesto especial para los envases desechables que permita financiar su recolección y el acuerdo con la industria para suprimir más de 50% del plástico usado para bebidas [24] y en otros la tendencia es exigir que al menos 74% de los empaques que llegan a los puntos de venta, deban ser recuperados para su reciclaje hacia el año 2006 [25].

Si bien el costo monetario y energético de producción del plástico es mucho menor que el del vidrio, hasta ahora no se han medido los costos “ambientales y sociales” [26].

Por ello es urgente crear un marco jurídico institucional, para incorporar los programas de desarrollo a la luz de los progresos científicos y tecnológicos. Este marco jurídico debería incluir auditorías ambientales, análisis del ciclo de vida de los materiales y ecobalances, así como la participación de organizaciones a nivel de universidades o de instituciones que puedan dar asesoría y apoyo [27].

[21] Económico, transparente, ligero, irrompible, recerrable y reciclable [Consulta en línea].

[22] Drinktec, la Feria Mundial de tecnologías de bebidas y alimentos líquidos, Agenda Munich del 12 al 17 de septiembre de 2005 [Consulta en línea].

[23 y 26] Guerra, Fabio, ¿ Y er plástico nos convertiremos?, Semanario “Brecha”, Montevideo, No. 703, viernes 21 de mayo de 1999, pp 15-17. [Consulta en línea].

[24] Recolección de envases de plástico [Consulta en línea].

[25] Serrano, Carlos, Luz verde para el reciclaje de PET, 2001 [Consulta en línea].

[27] Ureña, Felipe, RECICO. Un caso exitoso de desechos plásticos, Sistema Nacional para el Desarrollo Sostenible, 1998 [Consulta en línea].

Consumo de productos envasados en PET

El PET es uno de los materiales más utilizados para el empaque y embalaje de diversos productos. Por las características de este plástico, los envases son ligeros, transparentes, brillantes y con alta resistencia a impactos, tienen cierre hermético, no alteran las propiedades del contenido y no son tóxicos. Su escaso peso con relación al producto adquirido, aproximadamente 50 veces menos que el líquido que contiene [28].

Con un kilo de PET, se pueden fabricar suficientes botellas para almacenar 40 litros de agua, la misma cantidad de vidrio apenas alcanzaría para almacenar un litro y un kilogramo de aluminio serviría para almacenar 23 litros [29].

Es por ello que el PET ha desplazado a otros materiales y tiene una demanda creciente en todo el mundo. En México, actualmente existen 5 plantas productivas que elaboran polímero en gránulo de PET llamado **chip** (ver **Apéndice A**). Durante el 2000 se produjeron en las plantas mexicanas **502,100 toneladas de PET**, de las cuales **se exportaron 75,000 toneladas**, además **se importaron 40,000 toneladas de este material**. Se estima que **durante el año 2000 el consumo de PET a escala nacional fue de 467,100 toneladas**. El **crecimiento anual** de la demanda de este material es de **13.1%**, según la APREPET [30].

La composición del mercado de resina de PET en el año 2000 a escala nacional fue constituida de la siguiente manera, ver **tabla 3** y **gráfica 3** [31].

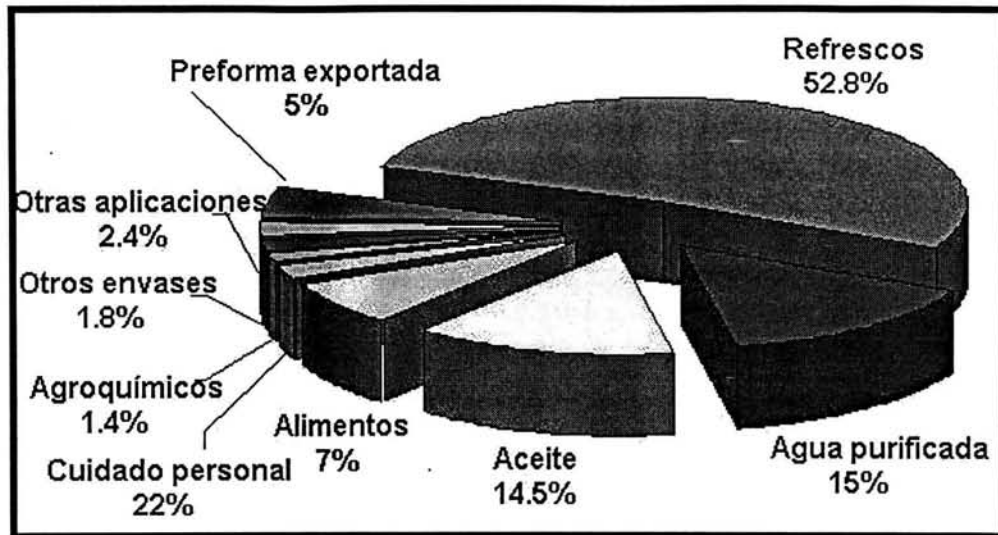
Tabla 3. Composición del mercado de resina PET durante 2000.

Segmento	Porcentaje de mercado (2000)
Refrescos	52.8%
Agua purificada	14.9%
Aceite	14.5%
Alimentos	7.0%
Cuidado Personal	2.2%
Agroquímicos	1.4%
Licores	0.3%
Otros envases	1.5%
Otras aplicaciones	2.4%
Preforma exportada	5.0%
TOTAL	100%

[28] ABC reciclado, La página de los chicos [Consulta en línea].

[29] Tornel C., Raúl, Industria y Medio Ambiente, La Guía ambiental, 2003 [Consulta en línea].

[30 y 31] APREPET, A.C. [Consulta en línea].



Gráfica 3. Porcentaje de la composición del mercado de resina PET durante el año 2000.

Como se observa en la tabla anterior, el porcentaje más alto corresponde al envasado de refresco, seguido de agua purificada y el de aceite comestible. **La demanda actual de PET para fabricación de envases en el Distrito Federal es de 55,800 toneladas al año [32].**

Para la industria de elaboración de refrescos y otras bebidas no alcohólicas, las botellas de PET se pueden dividir en:

- 1) **RETORNABLES**, que pueden utilizarse nuevamente hasta 25 veces después de su primer uso, **mediante un sistema de limpieza y esterilización** antes de que el producto pierda algunas propiedades [33].
- 2) **NO RETORNABLES**, que después de su primer uso, son considerados **“material de desecho”**.

México es un país con un alto consumo per cápita de refrescos y otros productos envasados en botellas de PET. Según lo muestra INEGI, **durante 1998, se consumieron 2,581,768 litros de refrescos embotellados en envase no retornable** y las presentaciones más comunes fueron en volúmenes de 0.6, 1 y 2.5 litros. También **se consumieron 5,589,059 litros de agua purificada en envase no retornable** en volúmenes de 0.5, 1 y 1.5 litros [34].

[32] APREPET, A.C. [Consulta en línea].

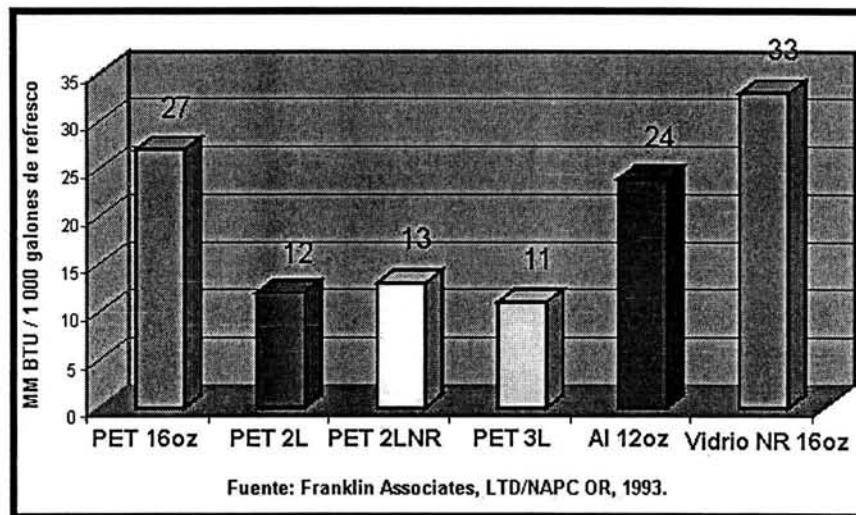
[33] El PET y su situación actual en el DF, Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal [Consulta en línea].

[34] Estadísticas del Sector Salud y Seguridad Social 2002, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI, México DF, a 7 de julio de 2003 [Consulta en línea].

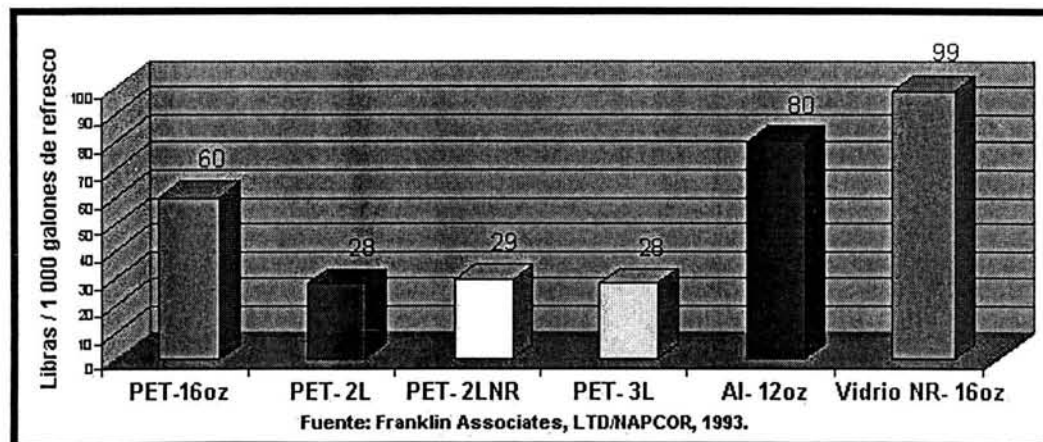
Consideraciones energéticas y ambientales en la producción de PET

Para la producción de envases de refrescos y otras bebidas además de otros productos, se requiere de una gran cantidad de insumos, tales como: energía, petróleo, agua para los procesos, entre otros.

En 1993, la empresa Franklin Associates LTD realizó algunas estimaciones para conocer la cantidad de energía, emisiones y desechos contaminantes durante la elaboración de envases, los resultados se presentan en las gráficas 4, 5, 6 y 7 según datos de APREPET [35].



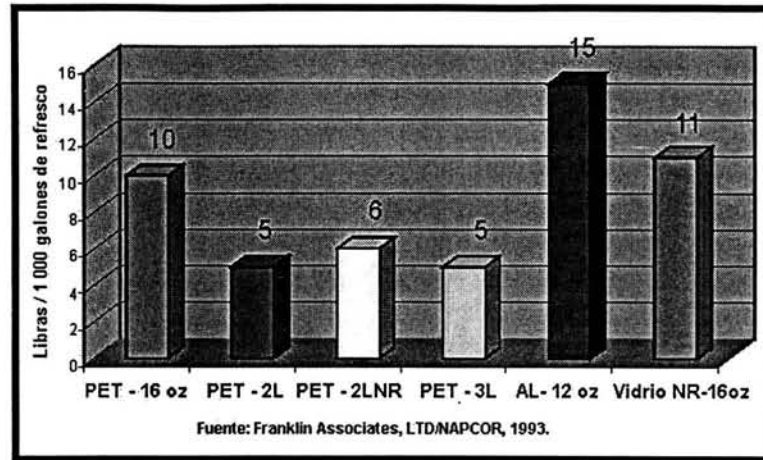
Gráfica 4. Consumo de energía para la fabricación de envases de refrescos.



Gráfica 5. Emisiones atmosféricas durante el proceso de fabricación de envases de refrescos.

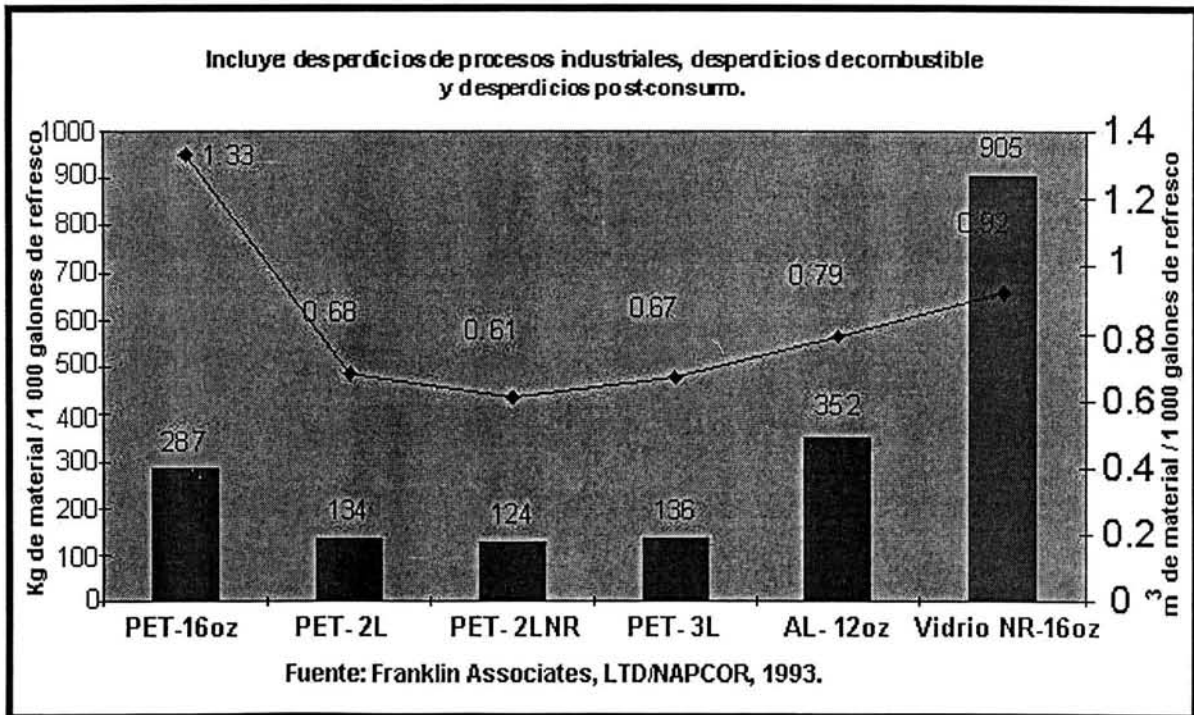
Nota: 16 oz = 473ml; 12 oz = 355ml y L = litros, ml = mililitros, NR = no retornable.
 1 BTU (unidad térmica británica) = 1 055.87 Joules, 1 Libra = 0.120 gr/cm³ y
 1 Galón = 3.785 lts.

[35].APREPET [Consulta en línea].



Gráfica 6. Emisiones a efluentes en la fabricación envases de refrescos.

Durante la producción de envases se generan residuos sólidos que se liberan al medio ambiente, y este aspecto se puede apreciar en la **gráfica 7**, que muestra la comparación peso vs. volumen de los residuos generados en la producción de envases; e incluye desperdicios de procesos industriales, desperdicios de combustible y desperdicios post consumo.



Gráfica 7. Comparación entre peso y volumen de los desechos sólidos en la fabricación de envases para refrescos.

Nota: 16 oz = 473ml; 12 oz = 355ml y L = litros, ml = mililitros, NR = no retornable.
 1 Libra = 0.120 gr/cm³ y 1 Galón = 3.785 lts.

De las gráficas anteriores, se puede inferir el impacto ambiental producido para la fabricación de envases de refresco. El impacto incluye emisión de gases a la atmósfera, y emisiones sólidas. La gráfica 7 es la más representativa pues nos muestra claramente el peso y el volumen de los materiales desechados para la fabricación de envases suficientes para almacenar 1 000 galones (3,785 litros) de refresco, por ejemplo: para la fabricación de envases de 16 onzas se generan desechos que pesan 287 kilogramos con un volumen de 1.33 m³ si se emplea PET, pero si se emplea vidrio el desperdicio de materiales será de 905 Kgs con un volumen de 0.92 m³. De la gráfica podemos concluir que es menos nocivo para el medio ambiente producir envases de 2 litros de PET, pues generan menos desechos.

Para la fabricación de resina PET, se han implementado algunas estrategias para minimizar los impactos adversos al ambiente durante la producción, de los cuales podemos mencionar, que se utiliza gas natural como fuente energética para la generación de vapor y para algunas fases de calentamiento, se han controlado las emisiones a la atmósfera a través de oxidantes térmicos, además del tratamiento de aguas residuales, entre otros.

A pesar de que las propiedades físicas y químicas del PET aseguran que este material es inerte en el medio ambiente, si es incinerado en combinación con otros materiales puede producir sustancias sumamente tóxicas, como *dioxinas* *[36].

El echo de que el PET pueda generar *dioxinas* combinándolo es sumamente relevante, pues estos compuestos no son producidos por la Naturaleza y su existencia se debe a la liberación de gases contaminantes originados por la combustión de residuos urbanos y hospitalarios, en la fabricación de papel, en la industria del cemento, en la fabricación de herbicidas y defoliantes, en la producción de metales de alta temperatura y en la fabricación de PVC, combustión de caucho y productos petrolíferos incluyendo los gases procedentes de motores de gasolina con o sin plomo y con o sin convertidores catalíticos y de disel. En el presente están siendo muy estudiados pues la familia de este grupo puede incluir hasta once mil compuestos y el descubrimiento de sus efectos carcinogénicos los convierte en un peligro potencial. Por lo que actualmente organizaciones ambientalistas como Greenpeace mantienen campañas para evitar su liberación al medio ambiente [37].

* *Dioxinas*. Compuestos aromáticos tricíclicos clorados constituidos por dos anillos bencénicos, que en 1985 se descubrió que podían tener efectos carcinogénicos.

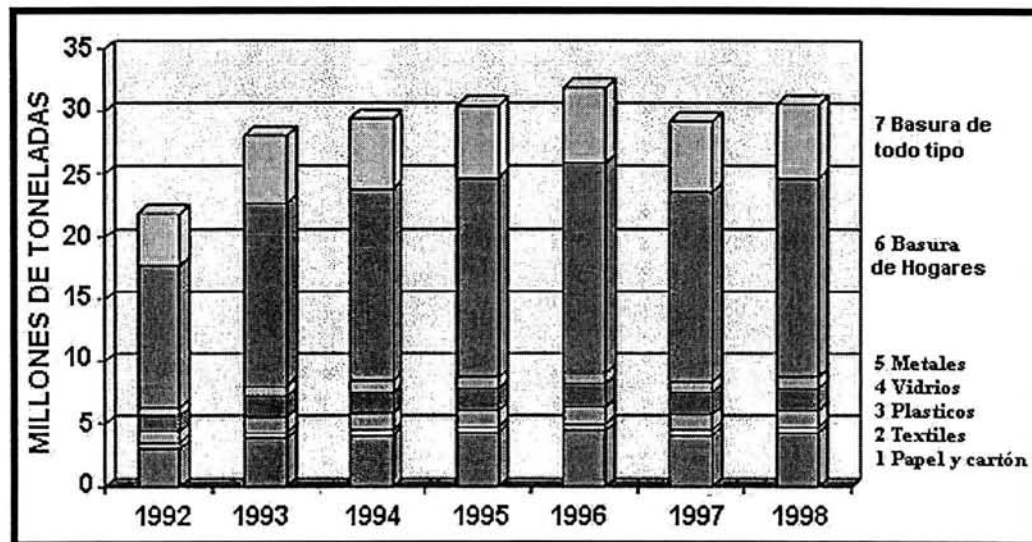
[36] Bertolo, Germán A., Residuos del Proceso PET, ARNET [Consulta en línea].

[37] Greenpeace campaña contra tóxicos, dioxinas [Consulta en línea].

Envases de PET desechados

Como se mostró anteriormente, los niveles de consumo de productos envasados con este material plástico son muy altos, derivado de esto se estima que la generación de residuos de PET (post consumo de envases) es elevada, y según los estudios realizados en el ámbito nacional referentes a la generación de residuos sólidos, muestran que uno de los mayores porcentajes es ocupado por los plásticos donde están presentes los envases de PET.

Lo anterior se muestra en la **gráfica 8**, que fue elaborada en 1999 por la “Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda” y la “Secretaría de Desarrollo Social” (SEDESOL) [38].



Gráfica 8. Generación de residuos sólidos postconsumo.

La gráfica muestra las cifras estimadas de acuerdo con los porcentajes de composición de residuos sólidos, partiendo de los reportes tomados desde 1992, por la Dirección General de Infraestructura y Equipamiento de SEDESOL.

Cabe señalar que a partir del año 1997 las cifras se ajustan con base en estudios de la generación per cápita llevados a cabo en pequeñas comunidades, donde se ha encontrado que dicha generación es del orden de 200 a 350 gramos, cantidades inferiores a las reportadas para los años anteriores al año de referencia. En la gráfica se incluyen desechos de comida, de jardines y materiales similares, así como de residuos finos, hule, pañales desechables, etcétera.

[38] El PET y su situación en el actual en el DF, Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal [Consulta en línea].

Datos estadísticos sobre el PET en México

En la tabla se resumen algunos datos estadísticos del PET para el año 2000, según datos de APREPET [39].

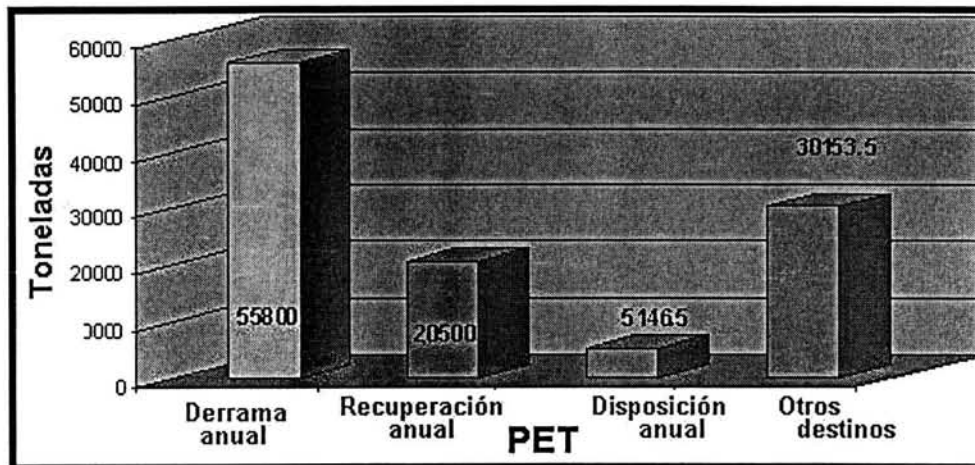
Tabla 4. Datos estadísticos del PET en el año 2000.

DISTRITO FEDERAL	
Demanda de PET	55 800 t/año
Envases de PET recuperados	20 500 t/año
Porcentaje recuperado para reciclaje	36.7 %
ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO	
Demanda de PET	124 000 t/año
Envases de PET recuperados	48 000 t/año
Porcentaje recuperado para reciclaje	38.7 %
A NIVEL NACIONAL	
Demanda de PET	413 000 t/año
Envases de PET recuperados	71 300 t/año
Porcentaje recuperado para reciclaje	17.3 %

[39] El PET y su situación en el actual en el DF, Secretaria del Medio Ambiente del Distrito Federal [Consulta en línea].

Considerando que de las **55,800 toneladas anuales de PET consumidas por el Distrito Federal [40]**, se recuperan alrededor de **20,500 toneladas por año (tasa de recuperación del 36.7%)** y que se registran en el **Relleno Sanitario del Bordo de Xochiaca** en Nezahualcoyotl Edo. de México, **5,146.5 toneladas al año (ver gráfica 9)**, puede decirse que aproximadamente **54% del PET se encuentra:**

- a) En almacenes para su distribución o venta.
- b) Dispuesto inadecuadamente en cauces, calles o tiraderos irregulares que propician prácticas clandestinas.

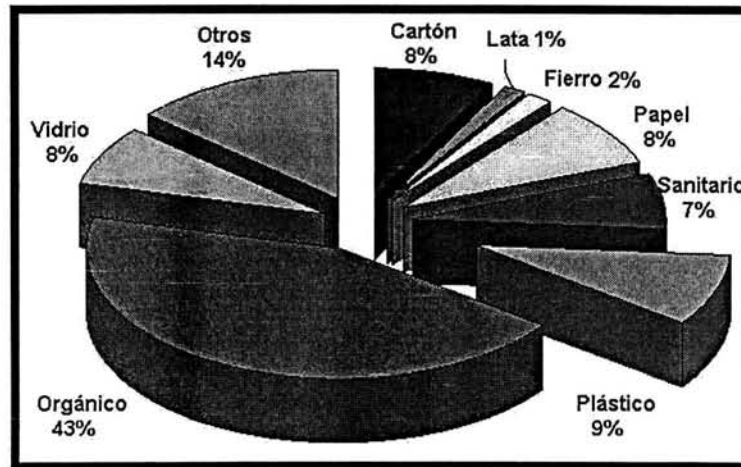


Gráfica 9. Datos estadísticos del PET en el Distrito Federal durante 2000.

[40] El PET y su situación en el actual en el DF, Secretaria del Medio Ambiente del Distrito Federal [Consulta en línea].

Composición y manejo de los residuos sólidos en el DF

La **Dirección General de Servicios Urbanos** ha realizado investigaciones de campo en donde se ha determinado la composición de los residuos generados en tres sectores, para dar una muestra representativa. Estos datos son una herramienta importante para la planeación y para el control de los residuos sólidos. La **gráfica 10** muestra los datos recopilados por la **Dirección General de Servicios Urbanos** con investigaciones y muestreos en campo [41]. Los datos indican que la mayor cantidad de residuos corresponde al de alimentos de hogares, a comercios y servicios; seguido de subproductos como plástico, cartón y vidrio.



Gráfica 10. Composición de los residuos sólidos por fuente de generación en el Distrito Federal durante el año 1998.

Actualmente el **Gobierno del Distrito Federal**, cuenta con un sistema de manejo de residuos sólidos que “afirman las autoridades” tiene una cobertura del 100% de la población. Para el óptimo desarrollo de este sistema, se encuentran articuladas en la operación, la **Secretaría de Obras y Servicios** a través de la **Dirección General de Servicios Urbanos** (DGSU) y las delegaciones políticas, e incluyen:

- La recolección domiciliaria y barrido de calles y vialidades
- El transporte de los residuos a estaciones de transferencia
- Transporte de los residuos de las estaciones de transferencia hacia cualquiera de las tres plantas de selección y recuperación de residuos
- Disposición en el relleno sanitario de los residuos de las estaciones de transferencia y de las plantas de selección y recuperación de residuos

[41] El PET y su situación en el actual en el DF, Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal [Consulta en línea].

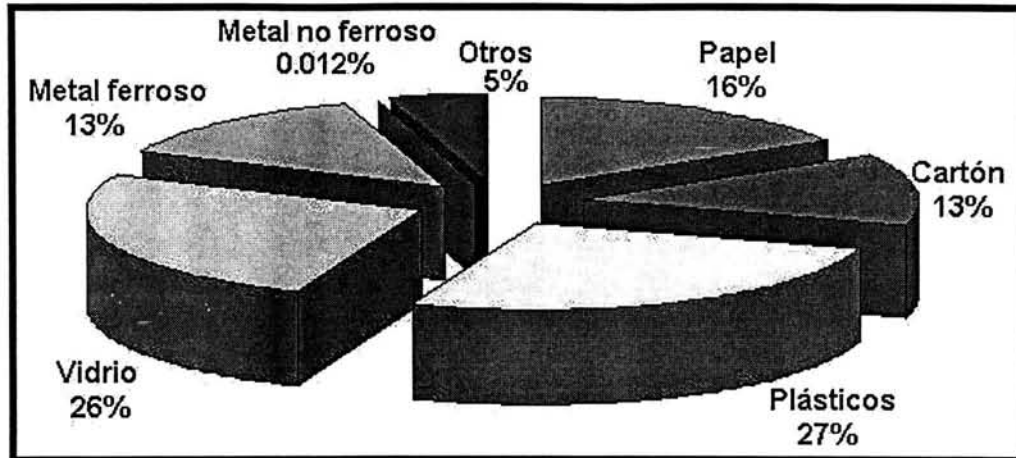
Los residuos sólidos una vez que se encuentran en las plantas de selección, son separados en subproductos. Dentro de los subproductos, el plástico es uno de los materiales con mayores porcentajes de recuperación en estos sitios, ver **tabla 5** y la **gráfica 11** [42].

Tabla 5. Toneladas de subproductos recuperados en las plantas de selección y aprovechamiento de residuos sólidos en 1998.

subproductos	BORDO DE XOCHIACA	SAN JUAN DE ARAGON	SANTA CATARINA	PORCENTAJE	TOTAL
Papel	3 086.841	12 094.850	13 087.750	16.45 %	28 269.44
Cartón	1 926.186	7 658.130	12 520.050	12.86 %	22 104.37
Plásticos	9 237.030	11 831.470	24 760.490	26.66 %	45 828.99
Vidrio	8 643.257	9 527.720	26 249.290	25.840 %	44 420.27
Metal ferroso	3 750.061	4 240.570	14 951.650	13.350 %	22 942.29
Metal no ferroso	90 753.00	104 020.00	0.00	0.012 %	194.77
Otros	2 882.410	931.560	4 324.290	4.73 %	8 138.26
TOTAL	29 616.538	46 388.32	95 893.52	100 %	171 898.38

En la tabla podemos ver los datos reportados en 1998 por la Dirección General de Servicios Urbanos, en los que de las **1 678 807.298 toneladas** que fueron enviadas a las tres plantas de selección, se recuperaron **171 898.378 toneladas** lo que equivale a un porcentaje global de recuperación de **10.239%**.

[42] El PET y su situación en el actual en el DF, Secretaria del Medio Ambiente del Distrito Federal [Consulta en línea].



Gráfica 11. Porcentaje de los materiales en las plantas de selección del DF durante 1998.

La **Dirección General de Servicios Urbanos** ha identificado a los plásticos dentro de la composición de la basura que es llevada para su disposición en el relleno sanitario de Bordo de Xochiaca en el Edo. de México y los muestreos permiten distinguir que:

- 1) diariamente hay un total de residuos de **11,850 toneladas**
- 2) de las anteriores **761.9 toneladas corresponden a materiales plásticos**
- 3) del volumen mencionado **14.1 toneladas corresponden a envases de PET**, que equivalen a **587,500 botellas de 600 ml de 24 gramos** cada envase, lo equivale en promedio a un consumo de **\$ 4 553 125.00**

Acopio

El acopio oportuno de los envases de PET, rescatados de entre todos aquellos materiales o residuos que son tirados por considerarse que ya no tienen utilidad, es crucial para limitar el problema, pues aunque las cifras oficiales indican que el PET sólo representa el **1.5% del peso total del relleno sanitario, su volumen va del 7 al 10%** [43] [44]. Este problema se agrava por las características de estabilidad física y química que hacen que su degradación sea sumamente difícil (**hasta 500 años**) cuando se convierten en residuos [45].

Tomando en cuenta lo anterior, si consideramos que con el producto de reciclar 5 botellas de PET (que duran 500 años) se puede confeccionar un impermeable [46], el precio de dicho impermeable sería muy bajo y su duración muy alta.

Los envases de PET por la contaminación visual del paisaje y la que producen a los ecosistemas, así como por su larga duración, **“al no interactuar con el medio ambiente, son como piedras artificiales con marcas comerciales, que no deben estar, donde son tiradas”** [47].

Hasta el momento, la información recabada no permite determinar con precisión la cantidad de envases de PET que se encuentran dispuestos inadecuadamente; sin embargo, es notoria su presencia en los cauces de corrientes superficiales y en el drenaje, provocando taponamiento del sistema y dificultades en los procesos de desazolve, lo que provoca inundaciones en la temporada de lluvia; además de generar "montañas" de envases en las orillas de los cauces de ríos donde se han convertido en un peligro de desastre latente de obstrucción para los ríos y las presas, ver **figura 1**.

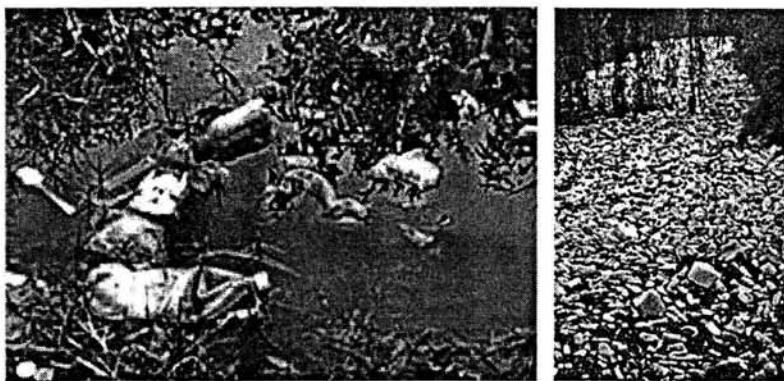


Figura 1 . Contaminación del medio ambiente por PET [48].

[43] ECOCE. A.C. (Ecología y Compromiso Empresarial) [Consulta en línea].

[44 y 45] Fernández, Rosa et al, Contaminación, Diario ABC de Paraguay [Consulta en línea].

[46] McHarry, Jan, PET (polietileno tereftalato), Buenos Días Planeta [Consulta en línea].

[47] Tornel C., Raúl, Se pone en marcha la procesadora de envases de plásticos ECOCE [Consulta en línea].

[48] El PET y su situación actual en el DF, Secretaria del Medio Ambiente del Distrito Federal [Consulta en línea].

Según cálculos de la **CONCAMIN**, en el presente, **90 millones** de botellas de refrescos y agua son lanzados anualmente a las vías públicas, bosques, ríos y playas de México [49].

Si consideramos que en el DF se generan anualmente **844 mil toneladas de plásticos** (de las cuales **55 880 toneladas son PET**) y que en promedio **cada habitante del DF genera 8.9 kgs** de ese volumen, cada uno debería comprometerse con el acopio de ese mismo volumen [50].

A pesar de lo anterior, los cambios en los patrones culturales y la moda del “**útese y tírese**” son la principal razón de este problema [51], mismo que podría corregirse parcialmente con programas de educación ambiental [52].

En los proyectos de acopio se deben incluir los siguientes puntos [53] [54]:

- Un plan de acopio en las zonas estratégicas
- Una correcta separación y eliminación de los contaminantes *
- Una estrategia de comercialización

Para conseguir lo anterior es necesario que el proyecto de acopio se lleve a cabo con un trabajo de “**educación a la población sobre clasificación de residuos en su lugar de origen**” [55]. Dicho programa debe estar reforzado por una planificación sensata y por una legislación que regule los envases y promueva pequeñas industrias de reciclaje del plástico. Se necesitaría el apoyo de los medios de comunicación y de las escuelas, las que tendrían un papel fundamental para cambiar la mentalidad y la moda actual del “**útese y tírese**”, por la de las “**erres**”: **recuperar, reusar, reducir, reparar y reciclar** [56].

* La correcta separación es clave, pues algunos materiales son altamente contaminantes como el **PVC**, con un valor crítico de contaminación de **2 partes por millón de su peso molar** (alrededor de **1 botella de PVC por cada 50 000 botellas de PET**) que pueden arruinar el reciclaje de PET [57].

[49] México: campaña nacional de envases plásticos, Noticias, Agua y Saneamiento, 2003 [Consulta en línea].

[50] El PET y su situación actual en el DF, Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal [Consulta en línea].

[51] López T., Arlette, Planificación urbana y gestión ambiental de residuos, Secretaría de Ecología Gobierno del Estado de México, 2003 [Consulta en línea].

[52] ECOCE A.C. (Ecología y Compromiso Empresarial) [Consulta en línea].

[53] Sistema integral de manejo y comercialización de desechos sólidos, Eco-Index, 2003 [Consulta en línea].

[54] Seis medidas imprescindibles para garantizar en Montevideo el éxito de la campaña de reciclaje de botellas de plástico PET [Consulta en línea].

[55] Clasificación y reciclaje de PET y cartones, Olecar [consulta en línea].

[56] Guerra, Fabio, ¿Y en plástico nos convertiremos?, Semanario “Brecha”, Montevideo, 1999 [Consulta en línea].

[57] El PVC a debate, Greenpeace, 2002 [Consulta en línea].

Reciclaje

Es la reutilización de materiales como aluminio, vidrio, papel, plástico y materia orgánica de todo aquello que desechamos y que conforma nuestros desperdicios o basura [58]. Con lo que contribuimos a:

- Disminuir la contaminación
- Ahorrar energía
- Ahorrar recursos
- Alargar la vida de los materiales aunque sea con diferentes usos
- Evitar la deforestación y reducir el 80% del espacio que ocupan los desperdicios basura en el relleno sanitario
- Reducir el gasto para recolección y manejo de basura, al venderla para su reciclaje
- Ayudar a que la recolección sea más fácil

Las dos cualidades que hacen del reciclaje de PET un gran negocio para quienes tienen los recursos suficientes para reciclarlo, son: la gran cantidad de producto disponible y el bajo costo operativo (que le confieren una alta rentabilidad).

Para el reciclaje, comúnmente se emplean dos tipos de materiales que son: el polietileno tereftalato **PET** que represente aproximadamente el 7% de todos los plásticos y el polietileno de alta densidad **HDPE** que representa el 31% [59] [60] ver también **Apéndice B**.

Si no reciclamos, no sólo perderemos estos recursos, sino que, al no hacer uso de la industria de la recuperación, el consumo de materias primas y energía va en constante aumento con el consiguiente efecto sobre la economía nacional y la Naturaleza [61].

Estudios del ciclo de vida media de diferentes materiales, indican que si se recicla 1 tonelada de aluminio se evita la extracción de 5 toneladas de bauxita y se ahorra 95% de energía; si fuera papel, por 1 tonelada reciclada, 15 árboles se salvarían de ser talados y se economizaría 74% de energía y por cada tonelada de plástico reciclado, se ahorraría 80% de energía en comparación con la utilizada en la fabricación de un nuevo plástico [62].

El reciclaje es un negocio y forma parte de la economía, por lo que la recesión de la economía de EU frenó el reciclaje en México. Así al inicio del 2002 México envió más de 35 millones de kilos de PET reciclado a Estados Unidos, más de 25 millones en botellas molidas y más de 10 millones en botellas embaladas. La mayoría vino de Reciclados de México (Recimex), una enorme planta en un complejo industrial al oeste de la capital que muele botellas agrupadas por color y las convierte en hojuelas.

[58 y 61] ¿Qué es reciclaje? [Consulta en línea].

[59] Materiales reciclados frecuentemente, Depto. de obras publicas de los Ángeles 2004 [Consulta en línea].

[60] Martha, Paulina, Reducir y reciclar los desechos domésticos, Ambientico [consulta en línea].

[62] Reyes, Paola, Diseño de un sistema de reciclaje de plásticos para estruplas, Universidad. del Valle [Consulta en línea].

Pero en el segundo semestre de 2002, a medida que los precios del PET en Estados Unidos cayeron, Recimex recortó su producción en un 50 % en la planta y despidió trabajadores. Tanto la compra de botellas para reciclaje como las exportaciones a los Estados Unidos cayeron más de 40 %. Recimex, que enviaba 95 % de su producción a ese país, solía comprar hasta 1,200 toneladas de PET al mes a plantas de separación de basura e intermediarios. Pero a partir del 2003 sólo compra 600 toneladas y sus exportaciones cayeron a 500 toneladas por mes de las anteriores 800 toneladas [63]. Así en el presente, mientras la producción aumenta a una tasa del 10 al 15%, la tasa de reciclaje desciende.

Por otra parte, para las empresas que fabrican botellas de plástico PET no sólo hay un impedimento técnico que las lleva a no reciclar el plástico que generan, sino principalmente el criterio económico “siempre les es más barato usar materia prima virgen” [64].

El PET reciclado no tiene las mismas características que el realizado con materia prima nueva, por lo que cuando se utiliza materia reciclada, normalmente se mezcla con 35% de materia prima virgen [65].

De acuerdo con los estudios realizados por la **Promotora Nacional de PET**, para asegurar el reciclaje se deberán corregir los siguientes puntos:

- Evitar que los pepenadores trabajen en condiciones insalubres y con sueldos miserables en los centros de acopio, que hasta ahora da mayor valor agregado al PET recuperado y beneficia sólo a los intermediarios
- Aumentar la competitividad de las empresas dentro del marco de una producción limpia y un desarrollo sostenible
- Crear una empresa rentable que contribuya al desarrollo del país
- Realizar inversiones importantes en la tecnología requerida, para obtener resinas recuperadas de óptima calidad y competitivas en los mercados
- Establecer un mercado permanente para los residuos de PET provenientes de los envases
- Integrar los diferentes actores de la cadena del reciclaje para cerrar su ciclo
- Generar empleo
- Contribuir al cambio de la forma tradicional de manejo de los residuos sólidos
- Mejorar la imagen ambiental de los plásticos
- Disminuir los impactos ambientales

[63] Ortiz, Fiona, Enfoque, recesión de EEUU tiene a basureros mexicanos en crisis, Agencia Reuters, 2001 [Consulta en línea].

[64] El reciclaje de plásticos y la generación de empleo [Consulta en línea].

[65] Recolección de envases de plástico [Consulta en línea].

En la Cruzada Nacional por un México Limpio, la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Confederación de Cámaras Industriales (CONCAMIN) y la Asociación Ecológica y Compromiso Empresarial (ECOCE), lanzaron el 15 de mayo de 2003 la “**campaña nacional de manejo de residuos de PET**”. Cuyo objetivo es reciclar 2 610 millones de botellas por año, volumen con el que se podría llenar 2 veces el Estadio Azteca y que reciclado al 100% como fibra textil, serviría para la fabricación de 475 millones de camisetas [66].

Por otra parte, las empresas Coca-Cola de México, Coca-Cola Femsa y Alpla de México, dieron a conocer a mediados del 2003 un proyecto para la creación de una planta de reciclaje de envases de PET, “Industria Mexicana de Reciclaje” (**IMER**), con la inversión de 20 millones de dólares para establecer en Toluca, Estado de México, en donde se reciclará, a partir del 2004, 35% del volumen total de las botellas de plástico que produce nuestro país, mismo que superara la tasa actual de reciclaje de 25% en EU y 32% en Canadá [67].

Esta planta se ubicará en América Latina como la primera en su tipo siendo la cuarta a nivel mundial, aunque los volúmenes que manejará la ubicarán por encima de los actualmente procesados en muchas partes del mundo. En dicha planta se empleará tecnología de vanguardia que hace posible que por primera vez en la región, la resina obtenida durante un proceso de reciclaje se utilice en la fabricación de nuevas botellas PET para uso alimenticio. Este proceso es conocido como **URCC**, y sus siglas corresponden al nombre de la empresa que la desarrolló: **United Resources Recovery Corporation** [68] [69].

El objetivo es procesar anualmente 25 mil toneladas de botellas hechas con material PET. Con ello, la cantidad de PET que actualmente se recicla casi se triplicará, se promoverá su acopio mediante el desarrollo de un mercado doméstico nacional y, por tanto, se generarán más empleos.

Además del reciclaje, otra opción para utilizar el PET es quemarlo como combustible alternativo, ya que tiene un poder calorífico semejante al de algunos carbones:

23 Mjoul/kg ó 6.329 Kcal/kg

Ya que el PET está compuesto por oxígeno, carbono e hidrógeno en su combustión se transforma en CO₂ (dióxido de carbono) y H₂O (agua), por lo que no produce ningún tipo de emisiones tóxicas, en contraposición con otros combustibles que son altamente tóxicos o contaminantes [70], sin embargo, recientemente se ha descubierto que producen **dioxinas** (ver página 23) las cuales pueden ser nocivas para la salud.

[66] SEMARNAT, La Reforma, México, mayo 15 de 2003 [Consulta en línea].

[67] Moncada, Gerardo, Reciclaje de PET, Expansión S. A., 2003 [Consulta en línea].

[68] Con 20 millones de dls. Construirán en México planta de reciclaje de PET, SEMARNAT, 2003 [Consulta en línea].

[69] Con 20 millones de dolares construirán planta de reciclaje en México de PET, REFORMA, Colombia,2003 [Consulta en línea].

[70] Bertolo, Germán A., Residuos del proceso PET, ARNET [Consulta en línea].

Un cálculo de APREPET refiere que un horno cementero mediano, como el de Cruz Azul en Tepeji del Río Hidalgo, consume al día el equivalente a cuatro furgones de ferrocarril de botellas compactadas, esto es, alrededor de 160 toneladas (4.8 millones de envases) [71].

Aunque lo ideal es darle usos al material reciclado donde haya un valor agregado importante, para abrir nuevos mercados y crear fuentes de empleo, como en la industria de fibras para uso textil, que se encuentra sin crecimiento y es el uso que tiene menos valor agregado.

Finalmente, debe mencionarse otro mercado que no se ha explotado: el de los materiales plásticos en la construcción, fabricando “**concreto polimérico**” cuyas propiedades son superiores a las del concreto común. Dada su importancia comercial, los procesos de despolimerización y elaboración no se encuentran disponibles en la literatura sino que están protegidos por patentes [72].

[71] Moncada, Gerardo, Reciclaje de PET, Expansión S. A., 2003 [Consulta en línea].

[72] Chávez, Jorge et al, Reciclaje químico de botellas desechables para la elaboración de un material de construcción [Consulta en línea].

Capítulo 2

Construcción del modelo experimental

Partiendo de la idea de que “ **en la Naturaleza todo se organiza en ciclos y nada se desperdicia, de tal forma que el residuo de un proceso es el recurso de partida de otro proceso** ”; al estudiar la forma en que se organizan y regulan los ciclos de la Naturaleza usando, compartiendo y reutilizando recursos, es posible establecer un modelo de acopio y separación de PET que emulando los procesos de los ciclos naturales permita crear un *ciclo artificial en la industria* de los plásticos para el *uso, reuso y reciclaje*, reduciendo así el impacto ambiental que produciría el PET de ser enviado al relleno sanitario o al permanecer tirado en áreas verdes y calles, donde a pesar de que no es posible cuantificarlo, es ostensible.

HIPÓTESIS

Es posible crear un ciclo artificial en la industria, de tal forma que el PET sea la materia prima para la creación otros plásticos. Donde el acopio organizado y racional sea el primer paso en una cadena de producción basada en el *reciclaje, uso y reuso* de PET. Reduciendo así la cantidad de este material en la Naturaleza y su impacto en el ambiente.

OBJETIVOS

Generales

Amortiguar el impacto ambiental que representan los materiales desechables como el PET, mediante prácticas de acopio organizado y racional, y la separación en los **lugares de origen del problema**, propiciando el reuso y su posterior reciclaje.

Establecer un modelo de acopio de envases de PET basado en la filosofía de las comunidades ecosóficas (ética, estética, tecnológica y ecológicamente armonizado), que nos permita influir en la percepción, actitudes y hábitos que una comunidad tiene en relación al manejo de sus materiales de desecho y los concientice de la necesidad de usarlos con responsabilidad para reducir su impacto en el medio ambiente.

Específicos

Determinar el impacto educativo y de manera “**cualitativa y cuantitativa**” la respuesta de la comunidad de la Facultad de Ciencias para manejar sus envases de PET.

Evaluar la magnitud del problema de las bebidas embotelladas en PET como un problema ecológico y su impacto en la comunidad como un problema biológico, de riesgo personal y de impacto ambiental.

METODOLOGÍA

Debido a la carencia de un *marco teórico* en relación a los problemas que implican los materiales desechables, resulta necesario construir un método para abordar el impacto del PET en el medio ambiente.

Por lo que en esta tesis la propuesta metodológica está apoyada en la “*Metodología de Proyectos*” y el uso de la “*Técnica heurística UVE*”, enmarcada en un *enfoque sistémico y ecosofico*, lo que garantizó que el modelo propuesto sea integrativo y pueda ser proyectado al estudio de otros materiales desechables como el papel de envases.

En primer lugar se analizó la distribución de los lugares donde se vende comida y refrescos en la Facultad de Ciencias de la UNAM. Se concluyó que existen 5 zonas de distribución, en cada una de las cuales se colocó un recipiente grande para acopio de PET al que en lo sucesivo se denominará *petario*, ver **figura 2**. Para contrastar la respuesta de la población, a los *petarios 1, 4 y 5*, se les colocó una **clave visual** creando de esta forma un triángulo de tres zonas en medio del que quedaron los *petarios 2 y 3* a los que “no” se les colocó ninguna clave visual. Lo anterior fue para comparar la actividad de los *petarios* en los vértices del triángulo y determinar si había un comportamiento automático para depositar PET en el área central, lo que implicaría que la comunidad ya había aceptado los *petarios*, así como su uso.

Las claves visuales utilizadas fueron botellas de PET con un letrero dentro conteniendo la leyenda “**sólo PET**”.

El muestreo de los *petarios* se realizó de manera continua por un periodo de 15 días (de lunes a sábado), haciendo la revisión en las horas pico de consumo (10 am, 3 pm y 6 pm) y eliminando la basura que era tirada junto con los envases al finalizar el día.

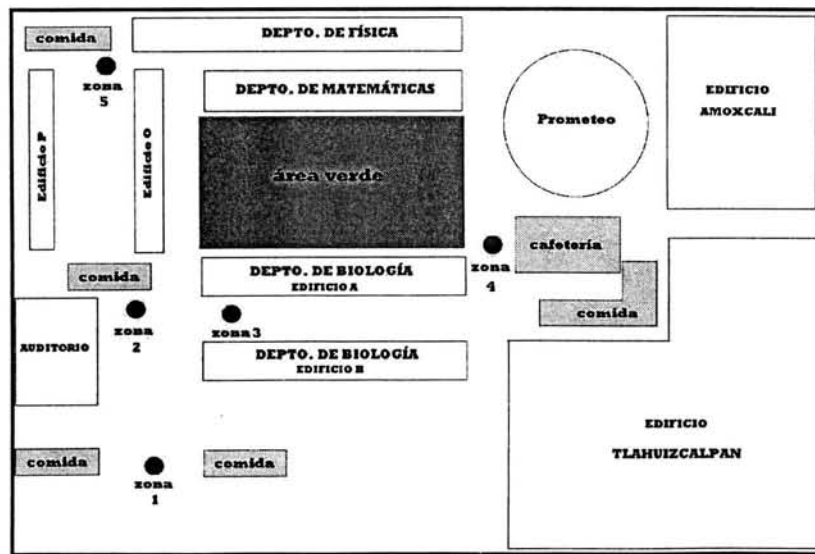


Figura 2. Mapa de la ubicación de las 5 zonas comerciales en la Facultad de Ciencias de la UNAM donde se vende comida (rectángulos sombreados) y donde fueron colocados los *petarios* (depósitos para PET marcados con círculos).

RESULTADOS

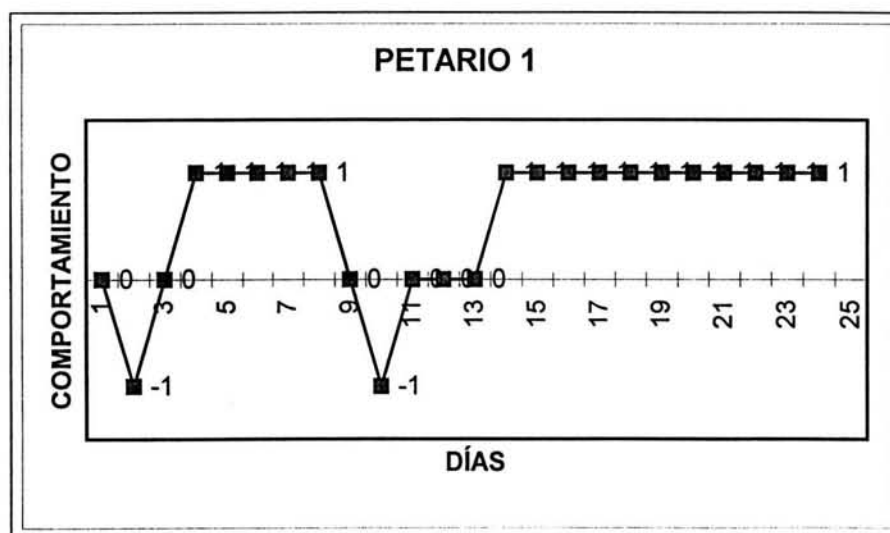
Resultados cualitativos

Para realizar la parte cualitativa del registro, al final de cada día se evaluaba el comportamiento de los *petarios* y se registraba como “1 = bien” si no se habían mezclado residuos de distinto tipo y en gran cantidad, “-1 = mal” si habían mezclado residuos de distinto tipo y en forma considerable y “0 = sin cambio” si no se apreciaron cambios significativos en el número de envases depositados y la cantidad de basura mezclada.

Aunque el método es muy sencillo, para efectos prácticos de la evaluación cualitativa resultó ser muy ilustrativo, tal como se ve a continuación.

Las siguientes gráficas muestran el comportamiento de los *petarios* a lo largo de dos semanas de muestreo, reflejando la respuesta de los miembros de la comunidad de la Facultad en cada una de las áreas circundantes.

Esta gráfica nos muestra que la mayor parte del tiempo la respuesta de la comunidad fue buena y que en dos ocasiones su comportamiento fue malo.

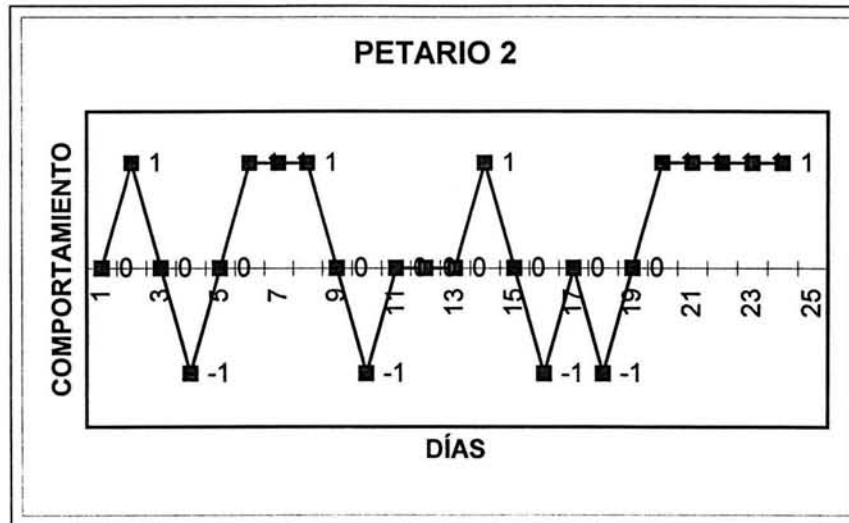


Gráfica 12. Comportamiento del *Petario* 1.

NOTAS: Eje Y (valor 1= bien, -1= mal y 0= sin cambio significativo)
Petario con clave visual.

Colocado entre los dos módulos de comida del estacionamiento de estudiantes.

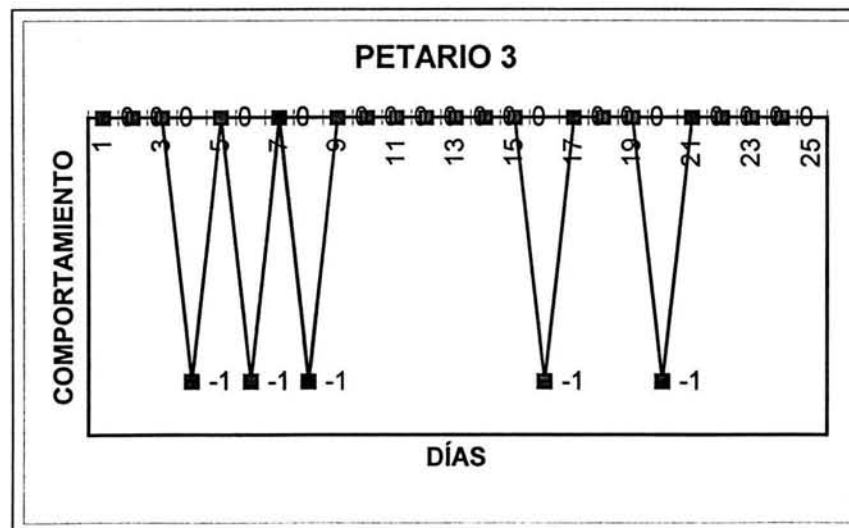
La siguiente gráfica refleja más variaciones durante el tiempo de muestreo, aunque su tendencia fue a un buen funcionamiento, recordemos que este *petario* no tenía claves visuales.



Gráfica 13. Comportamiento del *Petario 2*.

NOTAS: Eje Y (valor 1= bien, -1= mal y 0= sin cambio significativo)
Petario sin clave visual.
Colocado entre el edificio E y el puente de Biología.

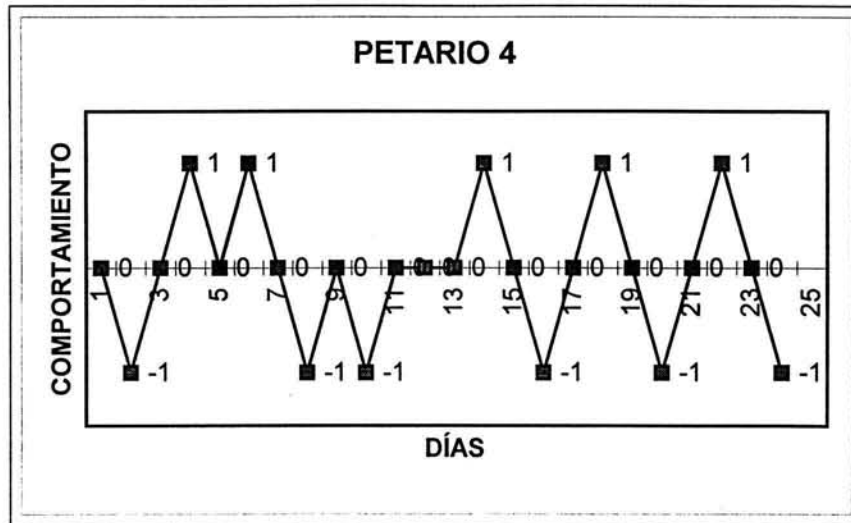
En contraste, la gráfica 3 también sin clave visual, todo el tiempo funcionó mal.



Gráfica 14. Comportamiento del *Petario 3*.

NOTAS: Eje Y (valor 1= bien, -1= mal y 0= sin cambio significativo)
Petario sin clave visual.
Colocado a un lado de las escaleras de Biología entre los edificios A y B.

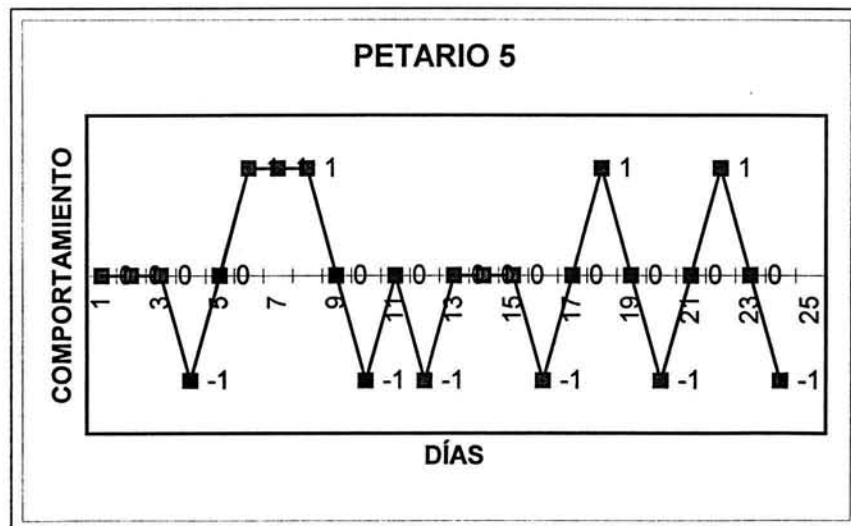
La gráfica 4 fue la que más variaciones presentó, esto asociado al lugar donde se encontraba y debido a interferencias, ajenas al modelo propuesto.



Gráfica 15. Comportamiento del *Petario 4*.

NOTAS: Eje Y (valor 1= bien, -1= mal y 0= sin cambio significativo)
Petario con clave visual.
Colocado entre la cafetería y el área verde entre Biología y Matemáticas.

El *petario 5* tuvo muchas alteraciones y un mal funcionamiento.



Gráfica 16. Comportamiento del *Petario 5*.

NOTAS: Eje Y (valor 1= bien, -1= mal y 0= sin cambio significativo)
Petario con clave visual.
Colocado entre entre los edificios E , O y el departamento de Física.

Resultados cuantitativos

Después de quince días de acopio mediante 5 *petarios* se colectaron 1 400 botellas, de las cuales 1 236 botellas fueron transparentes y 164 verdes. Lo que equivale a 88.28 % y 11.72 % respectivamente.

Estas 1 400 botellas contenían 1404 litros, el equivalente a casi 2 tinacos medianos de marca **Rotoplas** de 750 litros c/u, con:

- Un peso promedio de **68.061 Kg.** *
- Un volumen de **2.809 m³** si están sin compactar, aproximadamente el volumen de 18 televisores de 21 pulgadas (0.152 m³ por cada TV). **
- Un volumen de **1.014 m³** si están compactadas con el pie, aproximadamente el 70% del volumen inicial. **
- Un volumen de **0.562 m³** si son compactadas con una prensa, aproximadamente el 20% del volumen inicial. **
- En el relleno sanitario podrían cubrir una superficie de **16.471 m²**. **

Clasificando las botellas en tres grupos (agua, refrescos sabor cola y refrescos de otro sabor) los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 6. Número de botellas consumidas de cada presentación en 15 días.

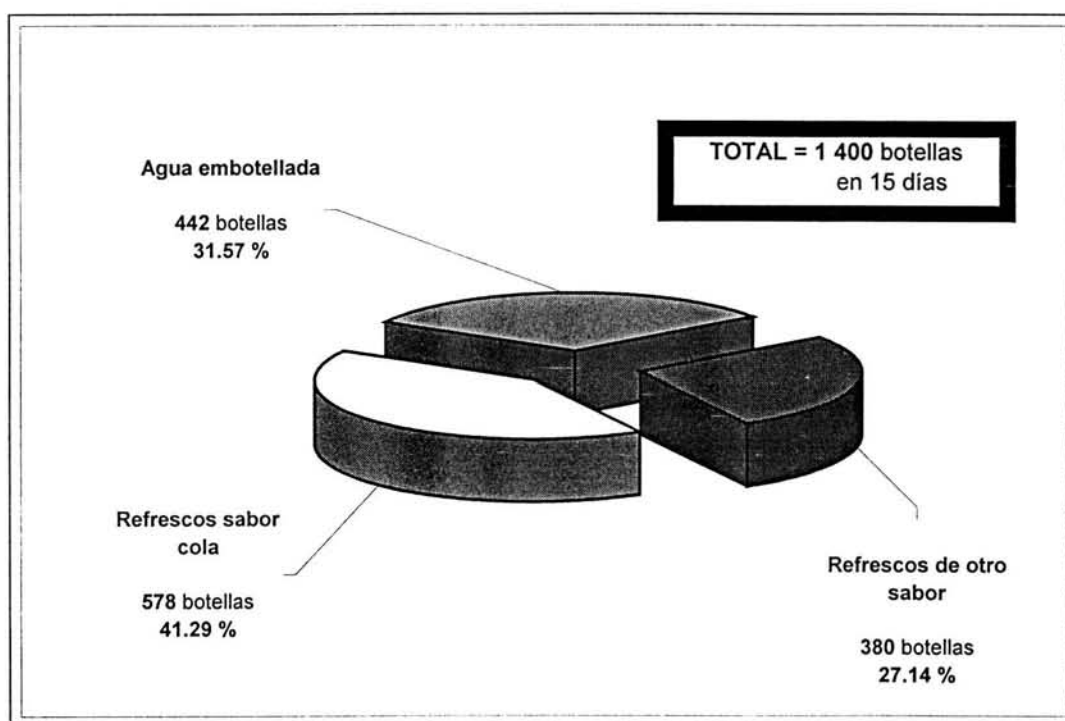
Presentación	Agua	Refrescos sabor cola	Refrescos de otro sabor
600 ml	184	400	286
1 litro	88	60	14
1.5 litros	170	-----	-----
2 litros	-----	21	39
2.5 litro	+ -----	+ 97	+ 41
NÚMERO DE BOTELLAS	442	578	380
NÚMERO TOTAL = 1 400 botellas			

* Cálculos realizados con datos tomados de APREPET.

** Cálculos realizados con datos experimentales en los que obtuve un promedio de:
 85 envases por metro cuadrado.
 20,570 envases por cada tonelada que ocuparían 242m² de cobertura.

Tabla 7. Porcentaje de botellas consumidas de cada presentación en 15 días.

Presentación	Agua	Refrescos sabor cola	Refrescos de otro sabor
600 ml	13.19 %	28.59 %	20.43 %
1 litro	6.27 %	4.27 %	1.03 %
1.5 litros	12.11 %	-----	-----
2 litros	-----	1.51 %	2.76 %
2.5 litro	+ -----	+ 6.92 %	+ 2.92 %
PORCENTAJE DE BOTELLAS	31.57 %	41.29 %	27.14 %



Gráfica 17. Número de botellas y porcentaje de cada grupo.

Tabla 8. Número de litros consumidos de cada presentación en 15 días.

Presentación	Agua	Refrescos sabor cola	Refrescos de otro sabor
600 ml	110.4	240.0	171.6
1 litro	88.0	60.0	14.0
1.5 litros	255.0	-----	-----
2 litros	-----	42.0	78.0
2.5 litro	+ -----	+ 242.5	+ 102.5
VOLUMEN DE LITROS	453.4	584.5	366.1
VOLUMEN TOTAL = 1 404 litros			

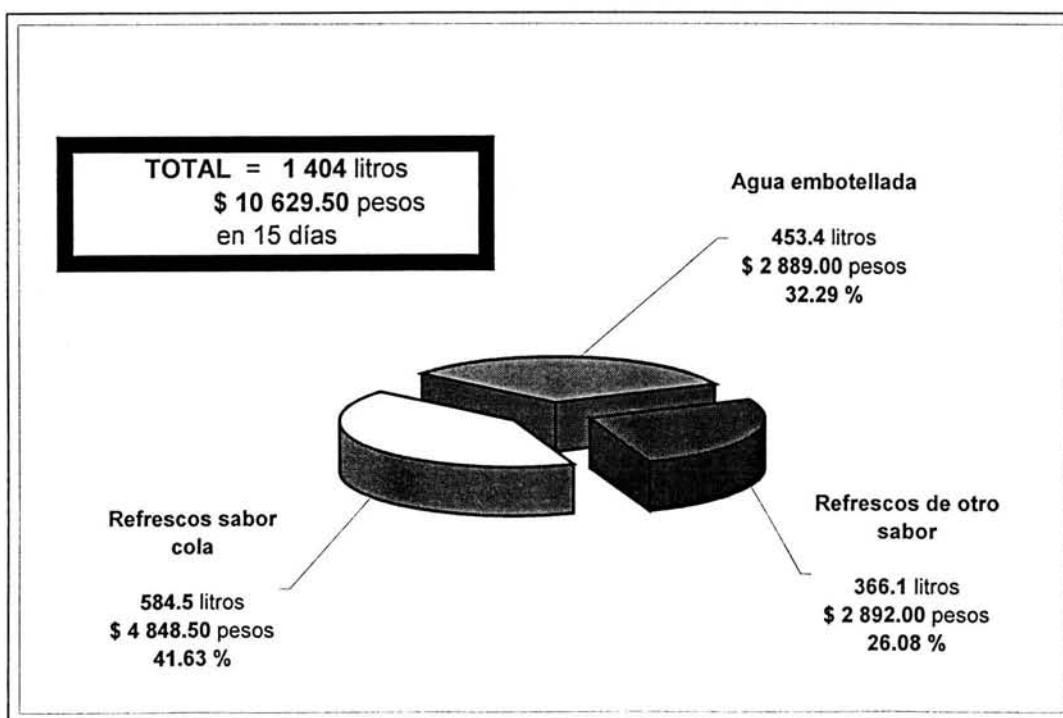
Tabla 9. Costo de las botellas consumidas de cada presentación en 15 días.

Presentación	Agua	Refrescos sabor cola	Refrescos de otro sabor
600 ml	\$ 828.00	\$ 2 600.00	\$ 1 859.00
1 litro	\$ 616.00	\$ 510.00	\$ 112.00
1.5 litros	\$ 1 445.00	-----	-----
2 litros	-----	\$ 283.50	\$ 429.00
2.5 litro	+ -----	+ \$ 1 455.00	+ \$ 492.00
COSTO =	\$ 2 889.00	\$ 4 848.50	\$ 2 892.00

COSTO TOTAL = \$ 10 629.50 pesos

NOTA: Para calcular el costo de las botellas colectadas se tomaron los precios promedio de la Facultad de Ciencias de la UNAM, y para aquellas presentaciones que no se venden allí se tomó el precio promedio de las cadenas de tiendas de auto servicio más grandes del país, quedando como sigue:

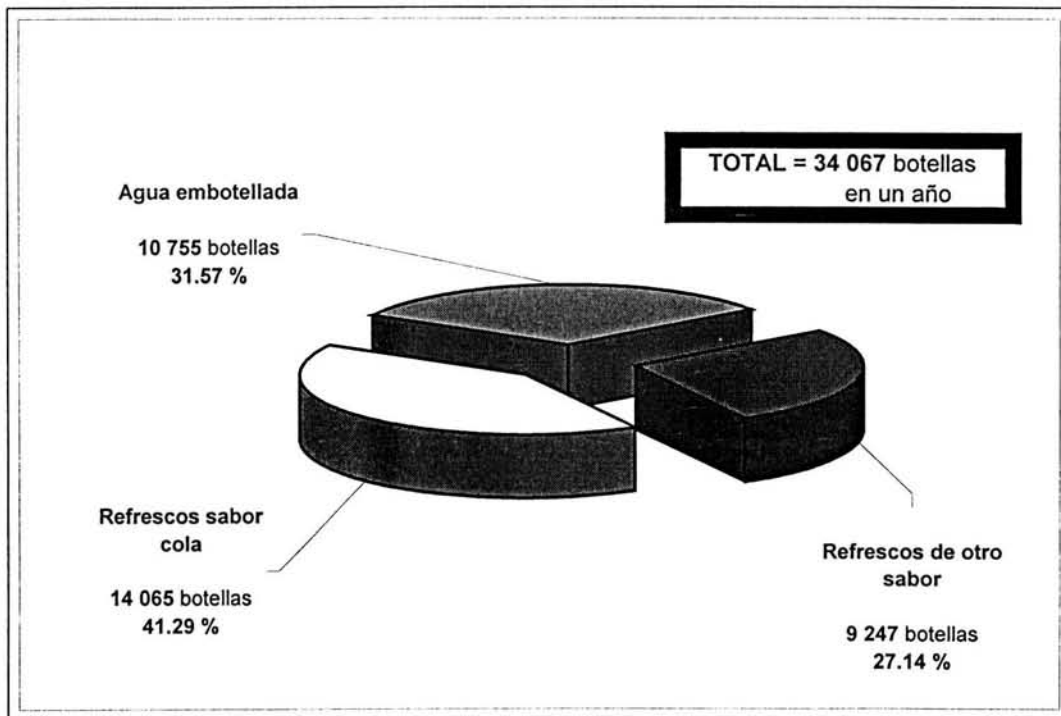
Presentación	Agua	Refrescos sabor cola	Refrescos de otro sabor
600 ml	\$ 4.50	\$ 6.50	\$ 6.50
1 litro	\$ 7.00	\$ 8.50	\$ 8.00
1.5 litros	\$ 8.50	-----	-----
2 litros	-----	\$ 13.50	\$ 11.00
2.5 litro	-----	\$ 15.00	\$ 12.00



Gráfica 18. Número de litros, costo y porcentaje de cada grupo.

Haciendo una estimación aproximada para un año (considerando 48 semanas) tendríamos un número de **34 067** botellas con un contenido de **34 164** litros, el equivalente a un poco más de **34 tinacos medianos** de marca **Rotoplas** (de 750 litros cada uno), con:

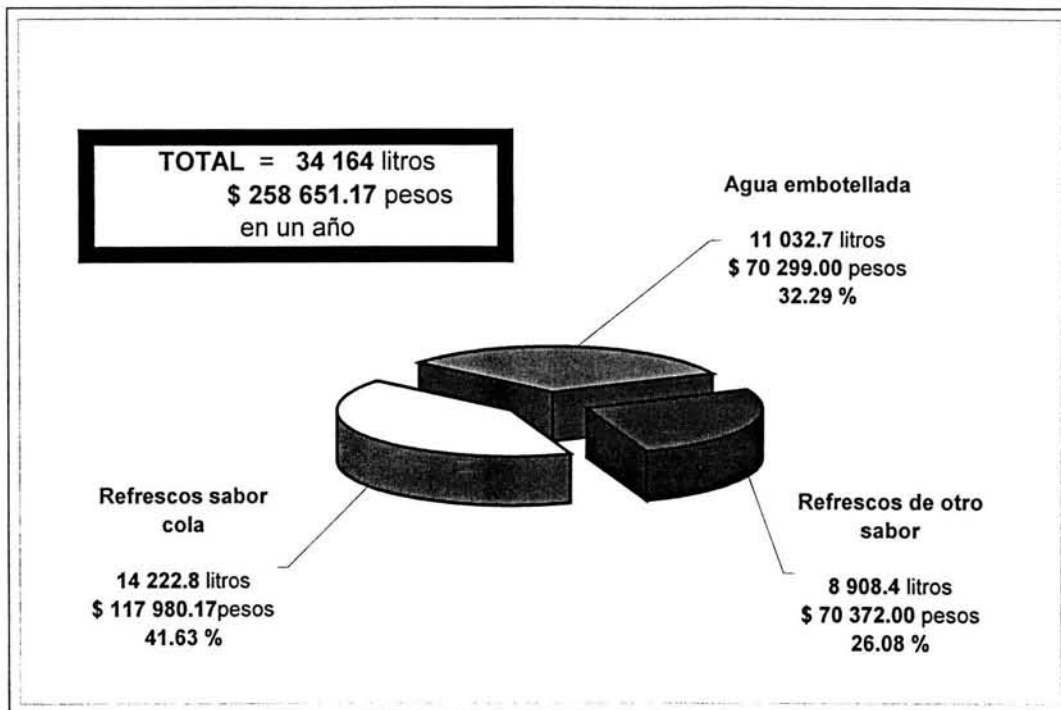
- f) Un peso promedio de **1 633.464 Kg., 1.6 toneladas.** *
- g) Un volumen de **68.352 m³** si están sin compactar, aproximadamente el volumen de 450 televisores de 21 pulgadas (0.152 m³ por cada TV). **
- h) Un volumen de **24.674 m³** si están compactadas con el pie *, aproximadamente el 70% del volumen inicial. **
- i) Un volumen de **13.670 m³** si son compactadas con prensa, aproximadamente el 20% del volumen inicial. **
- j) En el relleno sanitario podrían cubrir una superficie de **400.788 m².** **



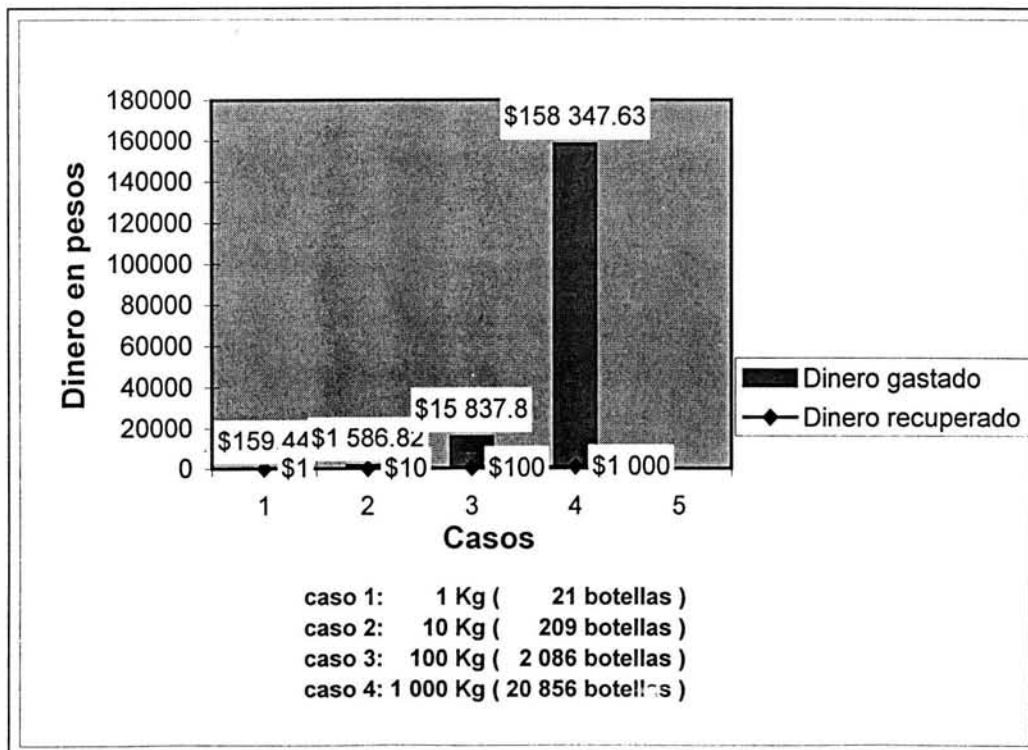
Gráfica 19. Número de botellas y porcentaje de cada grupo en un año.

* Cálculos realizados con datos tomados de APREPET.

** Cálculos realizados con datos experimentales en los que obtuve un promedio de:
 85 envases por metro cuadrado.
 20,570 envases por cada tonelada que ocuparían 242m² de cobertura.

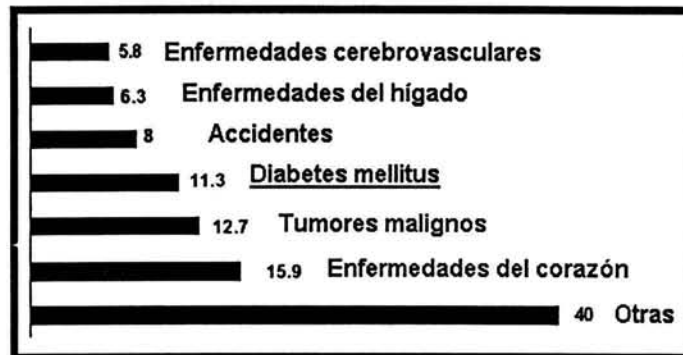


Gráfica 20. Número de litros, costo y porcentaje de cada grupo en un año.

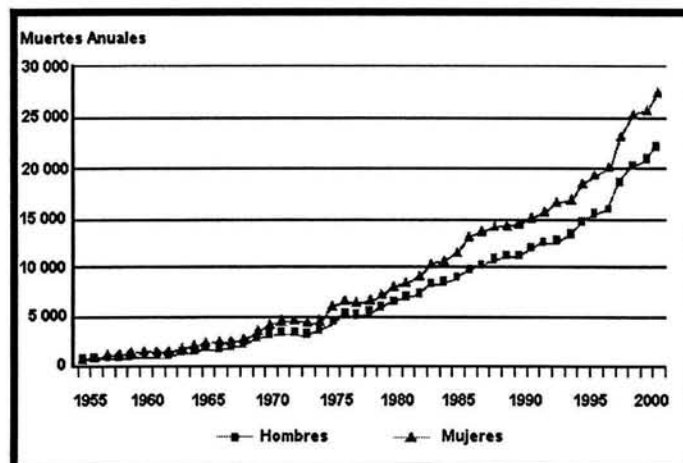


Gráfica 21. Relación entre dinero gastado para obtener 1 tonelada de botellas de PET y el recuperado por su venta en cuatro casos específicos.

El Dr. Gerardo Ponce Salas, coordinador de programas médicos del IMSS ha dicho que “la combinación de los factores genéticos, ambientales y nutricionales está involucrada en el origen de la diabetes, por lo que el abordaje del aspecto genético aislado no proporciona un factor etiológico aparente”. También, el Dr. Héctor Manuel Cárdenas Tirado, jefe del Servicio de Endocrinología del Hospital General “Gaudencio González Garza” del Centro Médico Nacional La Raza del IMSS ha explicado recientemente que “ *los malos hábitos alimenticios durante la niñez, por el consumo de productos ricos en grasas y carbohidratos, de comida chatarra (frituras, pizzas, hot dogs, etc.), exceso de refrescos, y falta de ejercicio físico, son causa frecuente de obesidad en la adolescencia, factor de riesgo para que desarrollen diabetes mellitus tipo II (principalmente entre los 10 y los 17 años de edad), enfermedad que antes era exclusiva de los adultos* ”.



Gráfica 22. Comparación porcentual de las principales causas de mortalidad en México, durante el año 2001.



Gráfica 23. Muertes por Diabetes Mellitus en México, de 1955 a 2001.

Las **gráficas 22 y 23** nos muestran los datos estadísticos de mortalidad general y ponen de manifiesto el alto índice de mortalidad por Diabetes mellitus proporcionadas por el “Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática” INEGI durante el año 2002.

Capítulo 3

Discusión de resultados

DISCUSIÓN Y PERSPECTIVAS DE DESARROLLO

Tal como se puede apreciar en los resultados obtenidos, el número de envases recolectado en sólo quince días es sorprendente, puesto que representa un enorme consumo de bebidas azucaradas y de dinero mal invertido. Es importante mencionar que los resultados obtenidos son inferiores a los del consumo real, pues durante el muestreo hubo mucha interferencia, como el cambio de lugar de algunos *petarios* o el llenado deliberado de desechos. Dicha interferencia se ve reflejada en el análisis cualitativo, con las variaciones en el comportamiento de los *petarios*. La zona con mejores resultados fue la **zona 1** por estar cerca de los lugares donde se venden y consumen alimentos en la Facultad; la **zona 4** tuvo mucha interferencia por estar cerca de la cafetería donde se encargaban de llenarlo de los desechos que ellos mismos generaban, así como de tirar su contenido; la **zona 5** entre Física, Matemáticas y el área de oficinas administrativas por estar a la entrada del estacionamiento de profesores y ser uno de los lugares más transitados (aun por gente ajena a la Facultad), presentó mucha variación principalmente por la acción de los puestos ambulantes y del módulo de fotocopias; la **zona 2** a pesar de las variaciones, tuvo una tendencia a funcionar bien, reflejando la buena aceptación de la comunidad y finalmente la **zona 3** entre los edificios de los laboratorios A y B de Biología y el puente, fue la que peor funcionamiento tuvo, esto debido a que en esa área existen botes de basura pequeños y porque sólo es un lugar de paso, pues no se detienen a comer allí, además de que los alumnos tiran la basura en los botes de los laboratorios. También es importante señalar que en el caso de los laboratorios, el PET que se deja en sus botes de basura es llevado por el personal de intendencia directo a los contenedores de basura; lo mismo pasa en el área verde conocida en la Facultad como el “pulpo”, donde muchos alumnos ingieren sus alimentos depositando los desechos en los botes metálicos, por lo que los envases no fueron llevados a los *petarios*. Otro dato interesante es que en los *petarios* con clave la respuesta al acopio fue mejor, poniendo de manifiesto la importancia de tener un “referente visual”.

De los resultados cuantitativos, es importante hacer notar que con los datos de tan 15 días de intenso seguimiento al proyecto (con 10 horas diarias), la cantidad de bebidas consumidas y de ellas la marcada preferencia a los refrescos de cola en primer lugar y el agua purificada en segundo tal como muestra la **gráfica 17**, las implicaciones son sorprendentes, como describiré posteriormente. En relación al destino del PET acopiado, éste fue llevado a la empresa **Avangar México, S.A. de C.V.** para su posterior compactación, después de haber sido separado por colores, para ser vendido en calidad de PET de post uso (de segunda) a Estados Unidos o a China; a donde es exportado en contenedores que llevan 20 toneladas de envases compactados.

El precio pagado en esta empresa, por cada kilo de PET fue de un peso (mil pesos en total), dinero previamente invertido en la compra de material didáctico para el curso de “Didáctica de la Biología”. También es sorprendente comparar el trabajo y tiempo empleado para acopiar el PET, así como el dinero gastado para generar el desecho, contra el obtenido por su venta, tal como lo muestra la **gráfica 21**.

La tonelada que se logró recolectar desde que empezó el proyecto hace 2 años, a pesar de no haber iniciado con un trabajo sistemático estrictamente hablando, implicó una enorme cantidad de trabajo y tiempo difícil de imaginar para quien nunca ha intentado realizar acopio y separación de desechos, e involucró a muchos alumnos quienes participaron con trabajo voluntario, que inició con la búsqueda de un lugar dentro de la Facultad de Ciencias para guardar el PET y su posterior acondicionamiento. Luego, la búsqueda de materiales para fabricar los contenedores para el acopio de PET (*petarios*), que incluyó rejas de madera de las usadas por montacargas para acomodar mercancía en las bodegas, así como también algunos toneles metálicos.

Pero al armar los *petarios* no terminó mi trabajo, sino todo lo contrario; tenían que ser controlados periódicamente para sacar los desechos y “*desperdicios de todo tipo*” que diariamente eran arrojados en ellos (lo que **requirió un rompimiento de nuestros marcos epistémicos, para superar la aversión y asco que produce trabajar con la repugnante y mal oliente basura**), pues la comunidad de la Facultad no concebía la idea de un “*basurero*” destinado a depositar un solo tipo de material. Esto demostró la falta de conciencia en la separación de los desechos para su posterior reciclaje, situación que poco a poco fue cambiando hasta que los *petarios* fueron aceptados y cada vez eran menos contaminados, aunque nunca se ha llegado a los niveles deseados.

A pesar de todas las limitaciones con las que tuve que enfrentarme al inicio de este proyecto, la cantidad de PET recolectada (mediante un trabajo sistemático y durante el tiempo en que se realizó el modelo reportado en esta tesis), fue mayor de lo que se esperaba y sorprendió mucho calcular los índices de consumo y la inversión monetaria realizada, así como las preferencias que muestran claramente una tendencia a consumir **agua embotellada (31.6% del consumo total)** por considerar que el agua potable de las llaves de la Facultad no está limpia. Sorprendió también la marcada preferencia por los **refrescos de cola (41.3% del consumo total)** que sobrepasa a los **refrescos de sabores de frutas (27.1% del consumo total)**, esto sin tener en cuenta el alto contenido de azúcar que tienen, pues se estima que **una lata de Coca Cola (de aproximadamente 350ml) tiene el equivalente a 10 cucharadas de azúcar**, siendo el azúcar empleada para la elaboración de refrescos es de mala calidad y proviene de maíz de desecho (datos proporcionados anónimamente por un trabajador de la empresa Coca Cola).

Dada la desconfianza de la comunidad para consumir el agua de las llaves de la Facultad, sería importante realizar un análisis químico de la potabilidad del agua de la misma, a fin de conocer realmente su estado. También se requeriría elaborar un cuestionario para conocer más a detalle las preferencias y hábitos alimenticios de la población.

Por otra parte, el maratónico trabajo realizado también sirvió para ahorrar al relleno sanitario un volumen que anualmente sería similar al de **450 televisores de 21 pulgadas** y que podrían cubrir una superficie de aproximadamente **400 m²** y mejor aún, evitó que se sumara a los **9 millones de envases** que anualmente se tiran a las calles, ríos, bosques, etc. y que terminan obstruyendo drenajes, ríos y aunque suene increíble, también presas.

Partiendo de los datos y cifras calculadas, resulta sorprendente ver que en la Facultad sus miembros prefieran gastar **7 pesos en un litro de agua embotellada**, que llevar de su casa un envase con agua hervida, tomada de un filtro o simplemente de garrafón que es más barata.

Más aun, que en los hogares la gente prefiera invertir de **\$ 24.00 a \$ 30.00 pesos en dos refrescos de 2.5 litros cada uno** para tomar con sus alimentos, que comprar frutas de la temporada cuyo precio suele ser bajo para hacer varios litros de agua de frutas, o simplemente comer frutas.

Por otra parte, con los **\$ 10 629.50 pesos mensuales** o los **\$ 258 651.17 pesos anuales** que gasta la comunidad de la Facultad, se podría comprar una planta purificadora de agua para el consumo interno de toda la Facultad, colocar filtros en las tuberías o instalar bebederos.

Con los mismos \$ 10 629.50 pesos mensuales gastados en agua se podría comprar una computadora cada mes, ya que según el Plan de Desarrollo para 2002-2006 de la Facultad de Ciencias de la UNAM, el Centro de Computo de la Facultad cuenta con 112 computadoras con windows y 24 computadoras con linux para dar servicio a una población promedio de 4,690 alumnos, mientras que para las labores administrativas existen 91 computadoras. También, se podrían comprar televisiones, video caseteras y cámaras de video, para equipar los laboratorios.

Otra opción podría ser la creación de becas para alumnos.

Con todo lo anterior, las expectativas de desarrollo que este trabajo nos ofrece son diversas.

En primer lugar, queda de manifiesto en el **Apéndice C** (Marco legal y financiero para el reciclaje en el DF) el vacío existente de normas jurídicas en materia manejo y reciclaje de PET, donde es necesario replantearse el nuevo tipo de contaminación que producen los plásticos que consideramos inertes como el PET (que pueden tener una duración de 500 años), y que causan múltiples problemas de obstrucción de drenajes, desbordamiento de ríos y taponamiento de presas. Cuya abundante presencia en los mares (donde su degradación es más intensa), esta produciendo compuestos derivados de este tipo de plástico que pueden causar desconocidos desordenes ambientales en los ecosistemas marinos, tal como lo han reportado investigadores de algunas Universidades en Inglaterra.

La falta de una Legislación y un Marco Jurídico apropiado para el manejo y recuperación de este material, donde se incluya la participación activa de las industrias que lo producen y promueven, así como la inexistencia de sanciones para las empresas que no contribuyan a su recuperación, está permitiendo su uso indiscriminado. Por lo que es necesaria la creación de políticas preventivas que restrinjan su uso y comprometan a la industria al reci-

claje de las mismas, promoviendo la creación de nuevas industrias dedicadas al reciclaje, que eviten el surgimiento de monopolios del reciclaje como está sucediendo en el presente, que apoyados en la ley de la oferta y la demanda están haciendo un gran negocio, pagando un peso por cada kilo de PET que es reciclado y que vendido en hojuelas de materia prima, obtienen grandes ganancias. Otro aspecto interesante que nos muestra el apéndice C, es el beneficio económico equivalente al 50 % sobre nómina en deducción de impuestos, a cualquier empresa que contribuya de algún modo a promover aspectos ecologistas, sin medir ni evaluar la importancia y resultados de tales campañas, lo que explica porque Coca Cola SA de CV creó APREPET (Asociación para el reciclaje de PET), y posteriormente el proyecto de varias industrias para la creación de ECOCE (Ecología y compromiso empresarial).

Es necesaria también la creación de instancias gubernamentales con la participación de las Universidades para la planeación y la evaluación del impacto ambiental y el costo ecológico que implica el uso de estos materiales, así como la instauración de auditorías y ecobalances para las empresas que lo generan.

En el ámbito social, es necesaria la creación de campañas de educación ambiental que reduzcan las altas tasas de consumo, cambiando la moda del “útese y tírese” por la de las “erres” que incluye *recuperar, reusar, reducir, reparar y reciclar*. Incluyendo el acopio racional y separación en el lugar de origen (hogar, escuela, oficina, etc.), e involucrando a los medios de comunicación y a las escuelas, para conseguir lo anterior.

Desde el punto de vista de salud sería importante hacer un trabajo correlacionando el alto consumo de refrescos, la obesidad y la Diabetes mellitus. Esto porque que según las estadísticas en México existen **35 millones de obesos**, ver **apéndice D** (Reforma del artículo 115 de la Ley General de Salud para prevenir, tratar y controlar la obesidad en México) los cuales tienen 1.8 veces más propensión a padecer diabetes que alguien con peso normal. Además de los 6.5 millones de enfermos de diabetes ya existentes y el alto índice de diabetes infantil (diabetes tipo 1) que cada año aumenta considerablemente.

Partiendo de un modelo de acopio como el reportado, es posible plantear el acopio de otro tipo de materiales como papel, metales, vidrio, o también materiales tóxicos y nocivos para al medio ambiente como lo son las pila desechables, muchas de las cuales contienen mercurio, que causan problemas a los suelos y pueden contaminar los mantos freáticos, ya que una sola pila puede contaminar 175 000 litros de agua.

Otro aspecto de gran relevancia para la Facultad de Ciencias es la creación de un reglamento para el manejo y desecho de los organismos y materiales utilizados en los laboratorios, pues es bien sabido que en los laboratorios de biología se trabaja con hongos, plantas, cultivos de bacterias (algunas nocivas para la salud como *Escherichia coli*), ratas y otros tipos de animales que después de ser sacrificados, son tirados junto con los materiales usados, a los botes de basura sin ningún control.

Al separar y recolectar los envases de PET encontré en repetidas ocasiones bolsas con restos de materiales biológicos e incluso de animales completos que fueron depositados en los *petarios*. Esto debido también a la falta de un incinerador para eliminar tales desechos.

CONCLUSIONES

El modelo presentado logró cumplir los objetivos propuestos de combatir el problema en su lugar de origen e influir en la percepción que la comunidad tenía en relación a la separación de la basura para facilitar su posterior reciclaje. Se encontró con que algunos alumnos traían PET de sus casas, lo que explico el número de botellas grandes de 2 y 2.5 litros que no se venden en la Facultad y que principalmente son llevadas a los laboratorios para su consumo, y se evaluó el comportamiento de la comunidad en un proyecto ecológico de participación voluntaria.

También se pudo evaluar la magnitud del consumo de bebidas embotelladas como un problemas de malos hábitos alimenticios y el mal manejo de los materiales desechables, que ponen en evidencia la falta de una apropiada “**educación ambiental**” aun en la comunidad del Departamento de Biología. Que evaluado en términos del volumen ingerido pone de manifiesto el problema de salud que representa el elevado consumo de bebidas azucaradas y carbonatadas, **1901.2 litros al mes** con el correspondiente desembolso de **\$ 15 481.00 pesos** más los **\$ 5 778.00 pesos** destinados para comprar **453.4 litros de agua purificada**.

Mediante el acopio, se contribuyó al reciclaje de una tonelada de PET que en el relleno sanitario, habría ocupado un volumen de **68.352 m³** y una cobertura de superficie de **400 m²** donde cabe señalar que no existen estudios de las alteraciones que puede producir en la dinámica de degradación de materia realizada por microorganismos.

Y se está en condiciones de continuar con un trabajo que analice y correlacione como un problema de salud el alto consumo de bebidas azucaradas y los malos hábitos alimenticios, con los altos niveles de diabetes presentados en el país, donde se ha convertido en la primera causa de muerte en mujeres y la segunda en hombres, en total **46 525 defunciones al año**, ya que el 11% de la población mexicana entre 20 y 69 años la padece, esto es, **6.5 millones** y crece a una tasa de **250 000 nuevos casos por año** (según datos de la Secretaria de Salud). Lo alarmante es que cada año aumenta no sólo el número en adultos, sino que en los últimos años la diabetes infantil (conocida como tipo 1) también está creciendo y peor aún la incidencia de casos de diabetes tipo 2 en niños, que en otro tiempo sólo se presentaba en adultos.

Este es un problema mundial donde se reportan **171 millones de enfermos** y se calcula que **en los próximos 25 años aumentará a 366 millones en todo el mundo**, (según datos de la Organización Mundial de la Salud) que por la morbilidad que causa es sumamente importante puesto que ataca a todos los órganos del cuerpo humano, por lo que el diabético que no se cuida queda convertido en un invalido.

La insistencia en este tema es porque la obesidad, los malos hábitos alimenticios, la comida chatarra y el sedentarismo son factores potenciales que pueden conducir a desarrollar diabetes mellitus y no sólo una predisposición genética como se había planteado, lo que en el presente ha llevado a reformar la Ley General de Salud, ver el **Apéndice D**.

Cabe señalar que el problema de los desechos sólidos además de iniciar como un problema de “**educación ambiental**”, también representa un problema “**ético**” pues quien tira sus desechos sin separarlos no se preocupa por el daño ambiental que producen y tiene la idea de que alguien en algún momento habrá de separarlos en los basureros para reciclarlos, sin considerar que si éstos no terminan en los fondos marinos, quien lo haga será a costa de su propia salud, ver **Apéndice C**.

En términos generales el problema de los materiales desechables como el PET es resultado de:

- Un modelo mercantilista de consumo y derroche indiscriminado.
- La falta de una normatividad que regule su producción, uso, reuso y reciclado.
- La falta de mecanismos apropiados para la separación, acopio y reciclaje que de sentido ético al uso de este material.
- La carencia de estudios que evalúen en costo ambiental y la viabilidad ecológica para el uso de un material con un ciclo de vida promedio de 500 años.

Con lo anterior intento ilustrar que una parte importante de la solución al menos está en nuestras manos, tenemos la capacidad técnica y la responsabilidad ética así como la infraestructura para hacerlo, solo hace falta *voluntad*. A nivel personal es mucho lo que podemos hacer por el medio ambiente, por nosotros mismos y por los otros, tan solo con “cambiar nuestros hábitos de consumo y la forma de manejar nuestros materiales de desecho”.

Hemos llegado al punto en que estamos descubriendo que nuestras sociedades de consumo indiscriminado no solamente han dañado los bosques, el aire, los ríos y los mares causando la desaparición de todo tipo especies en la biosfera, provocando un desequilibrio ecológico y el consecuente cambio climático global. Ahora estamos viendo como los productos industrializados para nuestro consumo personal nos están envenenado.

Y para finalizar citare una reflexión de Jacob Bronowski [73]:

El hombre es una criatura singular.

Posee un cúmulo de dones que lo hacen único entre los animales y a diferencia de ellos, no es una figura del paisaje, es un modelador de éste.

En cuerpo y mente es el explorador de la naturaleza, el animal ubicuo que no ha encontrado sino que ha creado su hogar en cada continente

¡ Por ello es urgente cambiar nuestra actitud mental y empezar a actuar !

[73] Bronowski, Jacob, 1979. *El ascenso del hombre*, México, Fondo Educativo Interamericano, 449 pp.

Apéndice A

Fabricación de PET

El PET se fabrica a partir de dos materias primas derivadas del petróleo: etileno y paraxileno. Los derivados de estos compuestos (respectivamente, etilen glicol y ácido tereftálico) son puestos a reaccionar a temperatura y presión elevadas para obtener la resina PET en estado amorfo.

La resina se cristaliza y polimeriza para incrementar su peso molecular y su viscosidad. El resultado es la resina que se usa para fabricar envases. Su apariencia es la de pequeños cilindritos de color blanquizo llamados chips. Una vez seca, se almacena en silos ó supersacos para después ser procesada.

Ácido tereftálico: Se elabora totalmente en México a partir del paraxileno, materia prima que produce PEMEX quien abastece a los dos fabricantes en México.

Monoetilén glicol: Es el reactivo limitante en la reacción de esterificación para la producción de poliéster, que se obtiene a partir del óxido de etileno que produce también Petróleos Mexicanos



Figura 3. Esquema del proceso de fabricación de envases de PET.

En términos químicos, el camino más simple para la obtención del PET es la reacción directa (esterificación) del ácido tereftálico con el etilen glicol formando un “monómero” (bis-B-hidroxietil tereftalato) el cual se somete a una policondensación para obtener un polímero de cadena larga que contiene cerca de 100 unidades repetidas.

Mientras que la reacción de esterificación tiene lugar, con la eliminación del agua como subproducto, la fase de policondensación que se efectúa en condiciones de alto vacío, libera una molécula de glicol cada vez que la cadena se alarga por unidad repetida. Conforme la cadena va alargándose, existe un aumento en el peso molecular, el cual va acompañado por un aumento en la viscosidad de la masa y otras ventajas asociadas proporcionando así una mayor resistencia mecánica.



Figura 4. Reacciones químicas en la fabricación de PET.

La calidad final de un polímero sintético depende en gran parte de la calidad de su monómero y dado que no es práctico purificar el monómero de tereftalato, la pureza química de su inmediato precursor es de gran importancia. En este contexto, el etilenglicol no presenta problema, pero el ácido tereftálico, al ser un sólido, limita la elección de la tecnología de purificación.

No obstante, una vez resuelto este problema, ya que el ácido tereftálico de gran pureza se convierte en un producto comercial, la necesidad inicial de utilizar dimetiltereftalato puede evitarse, por lo que las fases del proceso quedan simplificadas.

Una vez que la longitud de cadena es suficientemente larga, el PET se pasa a través de un dado de orificios múltiples para obtener un espagueti que se enfría en agua y una vez semisólido es cortado en peletizador obteniendo así el granulado que presenta las siguientes características:

1. **Es amorfo.**
2. **Posee un alto contenido de acetaldehído.**
3. **Presenta un bajo peso molecular.**

Estas características limitan el uso del PET en la fabricación de botellas, por lo que se hace necesario pasar el granulado por otro proceso conocido como polimerización en fase sólida.

Durante este proceso, el granulado se calienta en una atmósfera inerte permitiendo que se mejoren estas tres propiedades simultáneamente, lo cual permite una mayor facilidad y eficiencia del secado y moldeado de la preforma o bien durante la producción y la calidad de la botella misma.

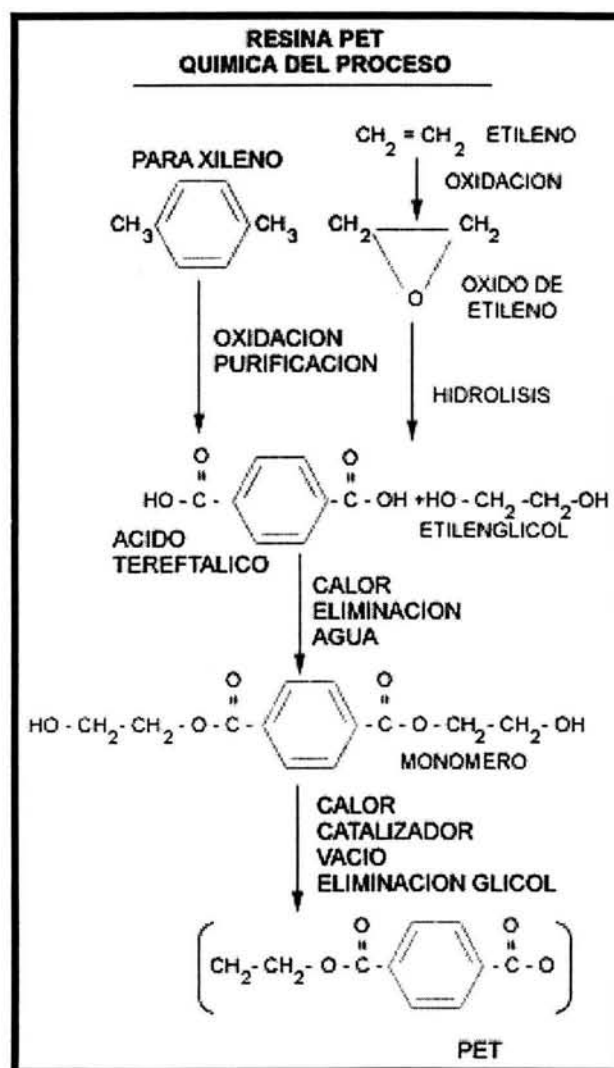


Figura 5. Esquema de reacciones químicas en el proceso de fabricación de PET.

El principal uso para la resina PET se da en la fabricación de envases. La resina se presenta en forma de cilindritos o chips, los cuales secos se funden e inyectan a presión en máquinas de cavidades múltiples (16, 32, 64, etc.) de las que salen las preformas (recipientes aún no inflados que solo presentan la boca del envase en forma definitiva).

Después, las preformas son sometidas a un proceso de calentamiento preciso y gradual para ser metidas en un molde. Allí se les estira por medio de una varilla o pistón hasta el tamaño definitivo del envase y entonces se les infla con aire a presión limpio hasta que toman la forma del molde.

Gracias a este proceso, las moléculas se acomodan en forma de red. Esta disposición da al material propiedades de alta resistencia mecánica así como baja permeabilidad a gases y vapores.



Figura 6. Variedad de recipientes de PET usados comercialmente.

Los envases obtenidos son **ligeros, transparentes, brillantes** y con **alta resistencia a impactos**. Tienen **cierre hermético, no alteran las propiedades del contenido y no son tóxicos**. Debido a estas propiedades, el PET ha desplazado a otros materiales y tiene una demanda creciente en todo el mundo.

El PET permite que muchos productos lleguen al consumidor de forma higiénica y segura. Se usa principalmente en la industria alimenticia, por ejemplo, para envasar refrescos, agua purificada, aceite comestible, vinagre, cajeta, aderezos y miel. Al igual, se usa para envasar licores, medicamentos, limpiadores líquidos, productos para el aseo personal y agroquímicos, entre otros.

[74] Fuente: APREPET, A.C. <http://www.aprepet.org.mx>

Apéndice B

Tipos de reciclaje de PET (mecánico, químico y energético)

El reciclado es el reproceso de los materiales, en este caso del PET, para acondicionarlos con el propósito de integrarlos nuevamente a un ciclo productivo como materia prima.

Hay tres maneras de aprovechar los envases de PET una vez que terminó su vida útil: someterlos a un reciclado mecánico, a un reciclado químico, o a un reciclado energético empleándolos como fuente de energía.

El ciclo de vida se muestra en este diagrama:

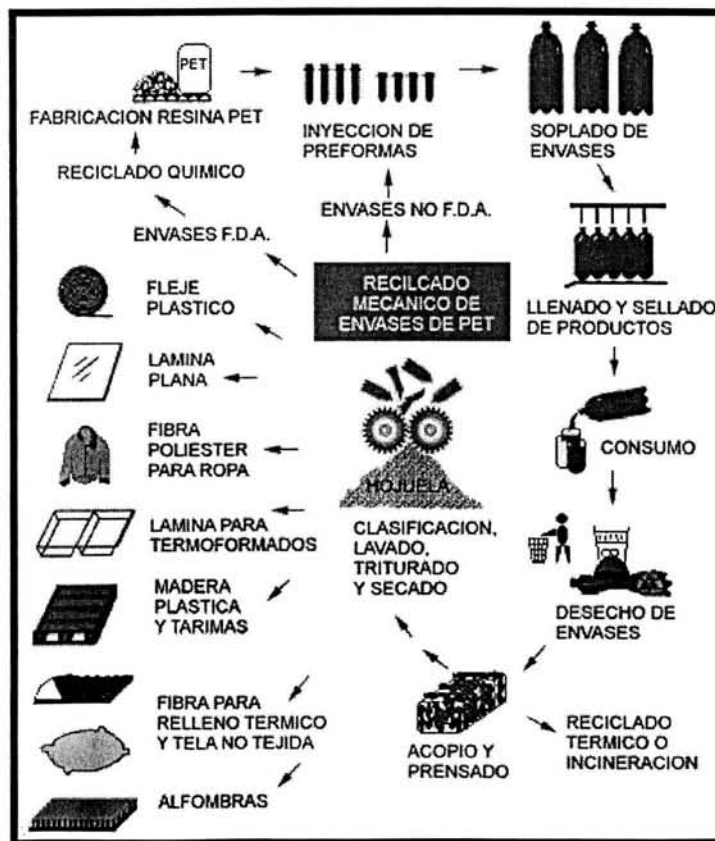


Figura 7. Ciclo de vida del PET reciclado.

• RECICLADO MECÁNICO

Es el proceso de reciclado más utilizado, el cual consiste en varias etapas de separación, limpieza y molido como se muestra a continuación:

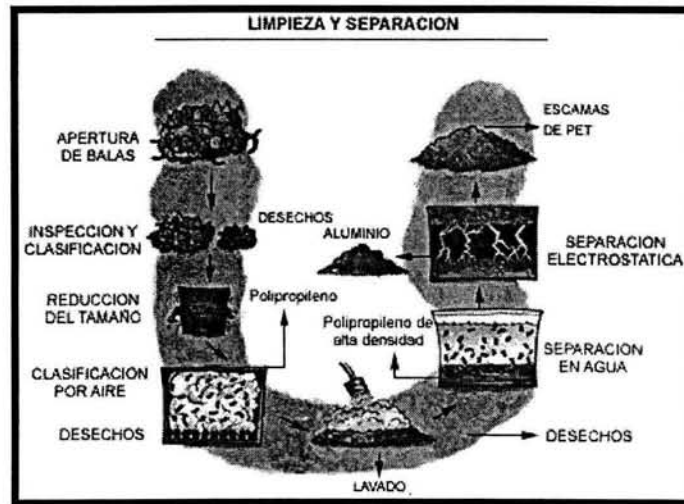


Figura 8: Esquema de reciclado mecánico de PET.

• RECICLADO QUÍMICO

Para el reciclado químico, se han desarrollado distintos procesos. Dos de ellos, la metanólisis y la glicólisis, se llevan a cabo a escala industrial. El PET se deshace o depolimeriza: se separan las moléculas que lo componen y estas se emplean para fabricar otra vez PET. Dependiendo de su pureza, este material puede usarse, incluso, para el envasado de alimentos.

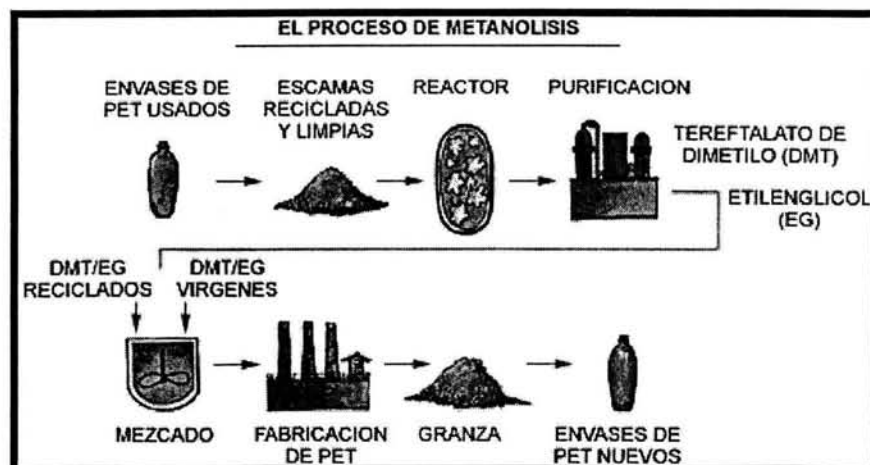


Figura 9: Esquema de reciclado químico de PET.

A continuación, se muestra una comparación entre el reciclado mecánico y químico

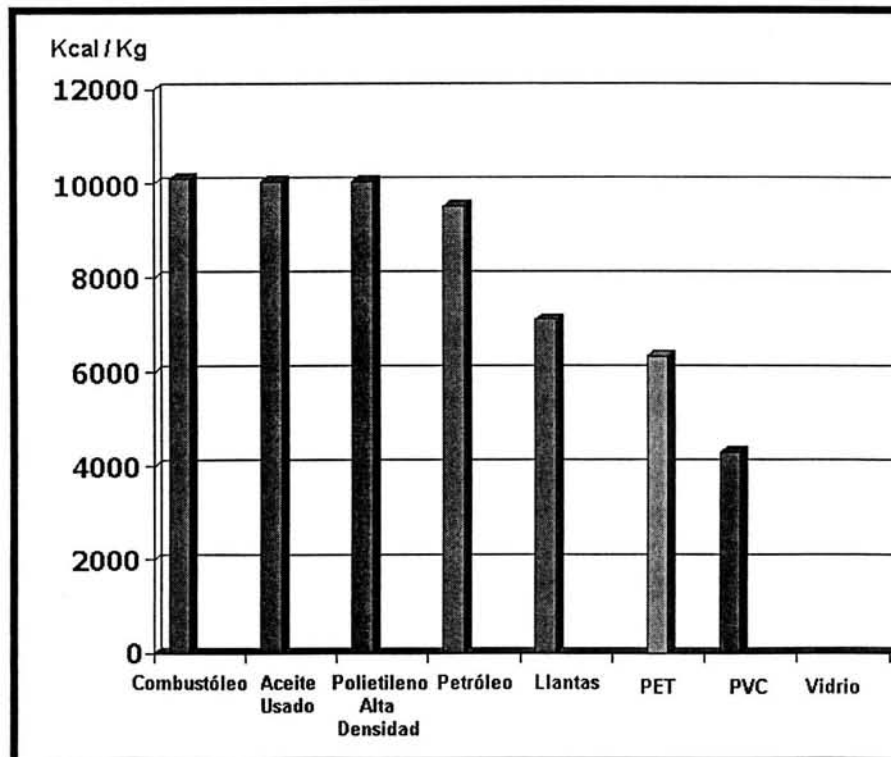
Tabla 10. Comparación entre la calidad del reciclado mecánico y químico.

	RECICLADO MECANICO	RECICLADO QUIMICO	
		GLICOLISIS	METANOLISIS
Calidad del desperdicio	Alta	Moderada	Amplia
Costo de operación	Bajo	Moderado	Alto
Calidad de producción	Moderada	Alta	"Virgen"
Mercado	Reducido	Muchos	Todos

• **RECICLADO ENERGÉTICO**

En cuanto al uso del PET como combustible alternativo, los envases pueden emplearse para generar energía ya que este material tiene un *poder calorífico de 6.3 Kcal/Kg*, [39] y puede realizar una combustión eficiente. Esto es posible ya que durante su fabricación no se emplean aditivos ni modificadores, lo cual permite que las emisiones de la combustión no sean tóxicas, obteniéndose tan sólo bióxido de carbono y vapor de agua.

La **gráfica 24** muestra un comparativo entre materiales y su poder calorífico. Comparando la capacidad calorífica de diversos residuos utilizados como combustible alternativo.



Gráfica 24. Comparación del poder calorífico de distintos materiales.

• RECOMENDACIONES PARA EL RECICLADO DEL PET

La tapa, el arillo de seguridad y su empaque (liner o sello):

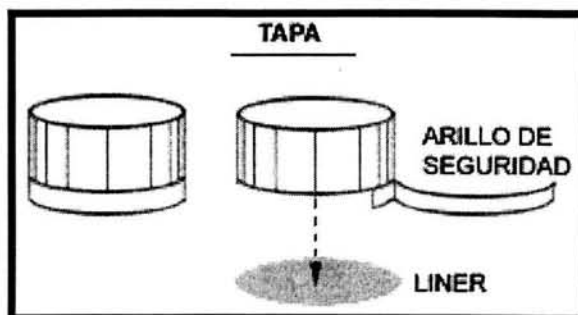


Figura 10. Partes de una tapa de PET.

Se recomienda que el arillo de seguridad se desprenda del cuello del envase y el empaque de la tapa (liner) se quede en la tapa a la hora de abrir el envase.

También se recomienda que la tapa, el arillo de seguridad y el *liner* sean de:

- Polipropileno (PP)
- Polietileno de alta densidad (HDPE)

Estos materiales son preferibles al aluminio y a otros materiales. El PVC no es recomendable porque una pequeña cantidad de PVC puede contaminar grandes cantidades de PET dispuesto para su reciclado por su diferente temperatura de fusión o ablandamiento.

• TIPOS DE PLÁSTICOS, CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES

Con el fin de favorecer el conocimiento de los distintos materiales plásticos, especialmente en el momento de su clasificación, la **Sociedad de Industrias Plásticas de los Estados Unidos (SPI)** ha difundido un código de identificación de uso corriente a nivel internacional.

El sistema identifica solamente a seis materiales plásticos, que son los más difundidos y con los que se fabrican casi todos los productos que el público conoce:

- **PET (Polietileno Tereftalato)**
- **PEAD (Polietileno de Alta Densidad)**
- **PVC (Policloruro de Vinilo)**
- **PEBD (Polietileno de Baja Densidad)**
- **PP (Polipropileno)**
- **PS (Poliestireno)**

PET (Polietileno Tereftalato)



CARACTERÍSTICAS:

Se produce a partir del Ácido Tereftálico y Etilenglicol, por policondensación; existiendo dos tipos: grado textil y grado botella.

Para el grado botella se lo debe post condensar, existiendo diversos colores para estos usos.

USOS Y APLICACIONES:

Algunos usos y aplicaciones del PET son: Envases de gaseosas - Aceites - Agua mineral - Frascos para mayonesa - Salsa - Fibras textiles - Cintas de vídeo y audio - Películas radiográficas y muchas más.

VENTAJAS Y BENEFICIOS:

Barrera a los gases - Transparente - Irrompible - Liviano - No tóxico.

PEAD (Polietileno de Alta Densidad)



CARACTERÍSTICAS:

El polietileno de Alta Densidad es un termoplástico fabricado a partir del Etileno, elaborado a partir del etano, un componente del gas natural.

USOS Y APLICACIONES:

Envases para detergentes - Lavandina - Aceites automotor - Lácteos - Cajones - Baldes - Tambores - Caños para agua potable, gas, telefonía, minería y uso sanitario - Bolsas para supermercados - Bazar y menaje y muchas más.

VENTAJAS Y BENEFICIOS:

Resistente a las bajas temperaturas - Irrompible - Impermeable - No tóxico.

PVC (Policloruro de Vinilo)



CARACTERÍSTICAS:

El PVC se produce a partir de dos materias primas naturales, gas 43% y sal común 57%.

Para su procesado es necesario fabricar compuestos con aditivos especiales, que permiten obtener productos de variadas propiedades para gran número de aplicaciones. Se obtienen productos rígidos o totalmente flexible.

USOS Y APLICACIONES:

Envases para agua mineral - Aceites - jugos - Mayonesas - Perfiles para marcos de puertas, ventanas - Caños para desagües domiciliarios y de redes - Mangueras - Blisters - Catéteres - Bolsas para sangre y muchas más.

VENTAJAS Y BENEFICIOS:

Ignífugo - Resistente a la intemperie - No-tóxico - Impermeable - Irrompible.

PEBD (Polietileno de Baja Densidad)



CARACTERÍSTICAS:

Se produce a partir de gas natural y se procesa de diferentes formas, es de gran versatilidad y solo o en conjunto con otros materiales se utiliza en gran variedad de envases y en múltiples aplicaciones.

USOS Y APLICACIONES:

Bolsas de todo tipo - Películas para el agro - Embasamiento automático de alimentos - Bolsas para sueros - Tubos y pomos para cosméticos, medicamentos y otras industrias - tuberías para riego.

VENTAJAS Y BENEFICIOS:

No tóxico - Flexible - Liviano - Impermeable - Económico - Transparente.

PP (Polipropileno)



CARACTERÍSTICAS:

El polipropileno (PP) es un termoplástico que se obtiene por polimerización del Propileno. Los copolímeros se forman agregando Etileno durante el proceso. El PP es un plástico rígido, de alta cristalinidad y elevado punto de fusión, excelente resistencia química y el de más baja densidad.

USOS Y APLICACIONES:

Películas/film para diferentes envases, cigarrillos, chicles, golosinas - Jeringas descartables - Tapas en general - Fibras para tapicería - Alfombras - Cajas de baterías - Paragolpes - Autopartes - Caños para agua caliente.

VENTAJAS Y BENEFICIOS:

Resistente a la temperatura - Barrera a los aromas - No tóxico - Irrompible.

PS (Poliestireno)



CARACTERÍSTICAS:

PS Cristal: Es un polímero de Estireno monómero derivado del petróleo, cristalino y de alto brillo.

PS Alto Impacto: Es un polímero de Estireno monómero con oclusiones de Polibutadieno que le confiere alta resistencia al impacto.

USOS Y APLICACIONES:

Potes para lácteos, helados, dulces - bandejas de supermercados y rotiserías - Heladeras - contrapuertas y anaqueles - máquinas de afeitar descartables - Platos, cubiertos - juguetes - cassettes - aislantes.

VENTAJAS Y BENEFICIOS:

Ignífugo - No tóxico - Transparente - Irrompible - Fácil limpieza.

Otros Plásticos



CARACTERÍSTICAS:

En este rubro se incluyen una enorme variedad de plásticos tales como: **Policarbonatos (PC); Poliamidas (PA); Poliuretanos (PU); Acrílicos (PMMA)** y varios más, ya que se puede desarrollar un tipo de plástico para cada aplicación específica.

USOS Y APLICACIONES:

Autopartes - Carcazas de computación - Teléfonos: celulares y electrodomésticos en general - Piezas para ingeniería aeroespacial - Muebles - Accesorios náuticos y deportivos - Carteles y publicidad. y un sinnúmero de aplicaciones más.

Las etiquetas:

Es preferible usar etiquetas de alguno de los siguientes materiales:

- Polipropileno (PP)
- Polietileno orientado (OPP)
- Polietileno de alta, media o baja densidad (HDPE, MDPE, LDPE)
- Papel

Las etiquetas metalizadas dificultan el reciclado de cualquier plástico, pues al contener metales lo contaminan. Las etiquetas deben poder desprenderse en el proceso de lavado del reciclador, por lo que es importante seleccionar un adhesivo conveniente y evaluar todas las etiquetas termoajustables o a presión. Los sistemas de impresión serigráfica provocan que el PET reciclado y granulado tenga color, disminuyendo sus posibilidades de uso, mercados y precio. Se recomienda evitar pigmentos de metales pesados.

El color:

La botella de PET transparente sin pigmentos tiene mejor valor y mayor variedad de usos; sin embargo, con una separación adecuada, el PET pigmentado tendrá ciertos usos.

Las multicapas o recubrimientos:

Las capas que no son de PET en los envases multicapa, así como los recubrimientos de otros materiales, reducen la reciclabilidad del PET. Es necesario separar esta clase de envases de los de PET simple.

Las bandas de seguridad (mangas) y sellos:

Estos son generalmente incluidos en el diseño del producto envasado en PET, cuando se consideran necesarios, pero contaminan el PET para reciclar si no son removidos del envase desde la selección y separación del mismo. Se recomienda NO USAR PVC para fabricar estos elementos.

El diseño:

Actualmente, los diseñadores tienen la oportunidad y la responsabilidad de entender el ciclo de vida y el impacto de los productos de PET. Por ello, la base de un buen diseño de envases es que sea lo más adecuado para su propósito, integrando lo más conveniente para el consumidor y asegurando una segunda vida útil.

Ejemplo:

Diseño de botella de PET transparente, sin pigmento, con tapa que arrastre su arillo al abrir, etiqueta de polietileno desprendible, sello termoencogible suajado para su desprendimiento y de tipo colapsable (que pueda aplastarse en vacío al final de su uso). Esto permite que el PET ocupe menos espacio y se logre mayor acopio, así como que sea más fácil de precisar y se logre un mejor reciclado.

[75] Fuente: APREPET, A.C., <http://www.aprepet.org.mx>

Apéndice C

Marco legal y financiero para el reciclaje en el DF

Actualmente en la legislación ambiental mexicana existen preceptos relacionados a los residuos sólidos. **La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)** establece y define la distribución de competencias entre la Federación, los Estados, Municipios y el Distrito Federal para la gestión integral de los residuos.

También define los criterios para prevenir y controlar la contaminación del suelo donde se consideran

- I. La operación de los sistemas de limpia y disposición final de residuos municipales en rellenos sanitarios;
- II. La generación, manejo y disposición final de residuos sólidos, industriales y peligrosos, así como en las autorizaciones y permisos que al efecto se otorguen.

Queda establecido que el funcionamiento de los sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, reuso, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos municipales quedará sujeto a la autorización del Distrito Federal conforme a las leyes locales en la materia y a las normas oficiales mexicanas aplicables.

La Ley Ambiental del Distrito Federal considera que para evitar y controlar la contaminación del suelo, al medio ambiente en general y a la salud pública, es primordial establecer el manejo adecuado de los residuos sólidos municipales e industriales no peligrosos.

Con el propósito de promover el desarrollo sustentable y prevenir y controlar la contaminación del suelo y de los mantos acuíferos, la Ley atribuye a la Secretaría del Medio Ambiente, con la participación de la sociedad, fomentará y desarrollará programas y actividades para la minimización, separación, reuso y reciclaje de residuos sólidos, industriales no peligrosos y peligrosos.

Dentro del **Reglamento de la Ley Ambiental del Distrito Federal** (*del 13 de diciembre de 1997, expedido por el ejecutivo, con firma del Lic. Ernesto Zedillo Ponce de León, Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos*) se contemplan algunos de los elementos para desarrollar programas de separación, con el fin de disminuir los volúmenes que se confinan y para elevar los niveles de reciclaje.

El **Reglamento para el Servicio de Limpia en el Distrito Federal** (*este Reglamento fue publicado en 1989, a partir de 1997, el D.D.F. pasó a ser el Gobierno del Distrito Federal*) establece que corresponde al Departamento:

- 1) la prestación del servicio de limpia y
- 2) la aplicación de las normas técnicas ecológicas vigentes para la recolección, tratamiento y disposición de residuos sólidos no peligrosos.

Dentro de este reglamento, se define que el servicio de limpia comprende:

- I. El barrido de vías públicas y áreas comunes,
- II. La recolección de residuos sólidos y
- III. El diseño, instrumentación y operación de sistemas de almacenamiento, transporte, reuso, tratamiento y disposición final de dichos residuos.

En la Legislación Ambiental, existen **Normas Oficiales Mexicanas (NOM)** y **Normas Mexicanas (NMX)** que son aplicables y complementarias a los preceptos relacionados al manejo de los residuos sólidos y se pueden agrupar en:

- **Tratamiento y Disposición Final de residuos sólidos.**
- **Generación de residuos sólidos: peso volumétrico, composición de los residuos sólidos, características físicas y químicas de los residuos sólidos municipales.**

Las NMX son principalmente utilizadas para muestreos y no fijan límites máximos de elementos que pudieran estar presentes en los residuos sólidos.

Para el fomento de acciones tendientes a un adecuado manejo de los residuos sólidos, se han incluido en el **Código Financiero para el Distrito Federal**, instrumentos económicos aplicables para las labores de aprovechamiento de los residuos sólidos donde se menciona que las personas que realicen actividades empresariales de reciclaje, que coadyuven a combatir el deterioro ecológico, tendrán derecho a una reducción equivalente al **50%, respecto del Impuesto sobre Nóminas**. Además indica que las empresas o instituciones que apoyen programas de mejoramiento de condiciones ambientales, tendrán derecho a una reducción equivalente al **50%, respecto del Impuesto sobre Nómina**, lo cual puede ser un incentivo atractivo para la implementación y la participación en los programas de manejo adecuado de los residuos.

En el presente, están en proceso de aprobación la ley federal y la ley del DF sobre residuos sólidos [76].

[76] Moncada, Gerardo, Reciclaje de PET, Expansión S. A., 2003 [Consulta en línea].

[77] Fuente: *Secretaría del Medio Ambiente del DF* Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del DF <http://www.paot.org.mx>

Apéndice D

Reforma del artículo 115 de la Ley General de Salud para prevenir, tratar y controlar la obesidad en México

El siguiente texto es la propuesta de decreto de la **Diputada María Cristina Díaz Salazar** presentada en la **LIX Legislatura de la Cámara de Diputados** (sesión del primer periodo de sesiones ordinarias del primer año de ejercicio 30 y 31 de octubre de 2003), con la cual fue reformado el **artículo 115 de la Ley General de Salud**.

Iniciativas de ciudadanos diputados

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Que reforma la fracción II del artículo 115 de la Ley General de Salud, para prevenir, tratar y controlar la obesidad en México, a cargo de la diputada María Cristina Díaz Salazar, del grupo parlamentario del Partido Revolucionario Institucional. (Turno a Comisión) |
|--|

-LA C. DIP. MARÍA CRISTINA DÍAZ SALAZAR: Con su permiso, señor Presidente.

Señores Diputados.

La suscrita diputada federal, integrante del grupo parlamentario del Partido Revolucionario Institucional a la Quincuagésima Novena Legislatura del Congreso de la Unión, en ejercicio de la facultad que me confieren los artículos 71, fracción II y 72 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y con fundamento en lo establecido en los numerales 55, fracción II, 56, 62, 63, y demás relativos del Reglamento para el Gobierno Interior del Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos, someto a la consideración de esta honorable Asamblea la siguiente iniciativa, con proyecto de decreto que modifica la fracción II del artículo 115 de la Ley General de Salud, de conformidad con la siguiente exposición de motivos:

Entre las garantías sociales tuteladas en nuestra Constitución, la protección a la salud es una de las más relevantes, cuya finalidad es la de hacer efectivo el derecho a la prevención, control y tratamiento de enfermedades crónicas no transmisibles, pero que ciertamente son mortales, como lo es la obesidad al derivar ésta en otras enfermedades de consecuencias graves, como lo es la diabetes mellitus y los efectos secundarios y complicaciones que la misma origina en los seres humanos.

En la actualidad la obesidad es un problema grave de salud pública no sólo en México, sino en el mundo, por ello la Organización Mundial de la Salud ha declarado a la obesidad como una epidemia.

La obesidad, incluyendo al sobrepeso como un estado premórbico, es una enfermedad crónica, caracterizada por el almacenamiento en exceso de tejido adiposo en el organismo, acompañada de alteraciones metabólicas que predisponen a la presencia de trastornos que deterioran el estado de salud, asociada en la mayoría de los casos a patología endocrina, cardiovascular y ortopédica, principalmente, relacionada a factores biológicos, socioculturales y psicológicos.

Las estadísticas oficiales nacionales reportan de manera alarmante que solamente en México 35 millones de personas son víctimas de la obesidad y que ésta es la causa más importante para padecer de diabetes mellitus. En la mayor parte de los estudios realizados, el sobrepeso se señala como un factor que genera un riesgo mayor de desarrollar diabetes.

La Encuesta Nacional de Salud 2000, señala que hay una prevalencia de obesidad mayor al 60% en los pacientes con diabetes, contra aproximadamente el 50% entre la población mayor de 20 años.

La prevalencia de obesidad en la población, en términos generales, es del 24.4%; sin embargo, son notables las cifras cuando se combinan sobrepeso y obesidad, pues en este caso el 64.2% de la población encuestada tenía ya sea sobrepeso u obesidad.

En los últimos diez años, se ha duplicado el número de casos de obesidad en México y triplicado durante el mismo lapso el número de casos de niños obesos, cuyas edades fluctúan entre los seis y los 15 años.

Ahora bien, la prevalencia de obesidad en la población diabética es del 40.1%, superando este porcentaje a la prevalencia global de la obesidad del 24.4% y del 36% mundial de obesidad en diabéticos, situación que contrasta con la prevalencia de obesidad en la población no diabética, que es del 26.9%.

Lo anterior, representa un riesgo aproximado de 1.8 veces más de desarrollar diabetes si se tiene obesidad.

Es posible afirmar entonces, que la prevalencia de sobrepeso y obesidad, entre otros factores, contribuyen a determinar la presencia de diabetes mellitus, entre otros padecimientos en los individuos, además de que la evidencia comprueba que una reducción del peso va aparejada con una disminución de los niveles de glucosa en la sangre.

Las estadísticas oficiales a nivel nacional en cuestión de diabetes mellitus son alarmantes; la diabetes mellitus constituye la primer causa de muerte en mujeres y la segunda en hombres en México, de acuerdo con las estadísticas oficiales obtenidas por la Secretaría de Salud.

El 11% de la población mexicana entre 20 y 69 años, padece de diabetes mellitus, lo que equivale aproximadamente a un total de 6.5 millones de habitantes. De cada 100 pacientes 14 desarrollan padecimientos renales, 10 padecerán neuropatías y las complicaciones de embolia es 2.5 veces más frecuente en personas con diabetes, que en la población general.

El 30% de los problemas de pies diabéticos termina en amputación y de cada 5 pacientes 2 presentarán problemas de ceguera. La presencia de dichas complicaciones incrementa el costo de tratamiento en más de 3.5 veces.

Cada año se detectan 250 mil nuevos casos de diabetes mellitus en México. Los costos directos e indirectos de la diabetes oscilan ente 1 mil y 3 mil 300 millones de pesos al año. Cada enfermo de diabetes mellitus gasta alrededor de 520 mil pesos al año como consecuencia de la enfermedad; de los cuales un 30% a 65% corresponden tan sólo a gastos de hospitalización.

Solamente el Instituto Mexicano del Seguro Social gastó durante el año 2002 más de 2 mil 720 millones de pesos para la atención de enfermos de diabetes mellitus.

CONSIDERACIONES:

No obstante la existencia de la Norma Oficial Mexicana, Norma 174, Secretaría de Salud, 1-1998, para el manejo integral de la obesidad, la transición epidemiológica en México, indica el incremento exagerado de este padecimiento en los últimos años.

La salud debe ser atendida y entendida no sólo como un valor biológico, sino como un bien social y cultural tutelado por nuestra Constitución, regulado por la Ley General de Salud y vigilado por el Sistema Nacional de Salud.

Por ello, se hace necesario e indispensable una eficaz campaña de prevención, tratamiento y control de esta enfermedad como lo es la obesidad, ya sea por medio de folletos, campañas permanentes, programas de actividades de educación, sistemas permanentes de vigilancia y pláticas de orientación médica especializadas y gratuitas, destacando la importancia del cuidado de la salud; que se fomente el interés y bienestar social de todos los mexicanos, principalmente de los menores de edad sin distinguir de clase social; que se encauce a todos los mexicanos independientemente de los niveles socioculturales y económicos, pues las enfermedades no hacen distinciones.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

Compañeros diputados:

La presente iniciativa tiene como objeto fomentar la prevención tratamiento y control de la obesidad. Siendo ésta última una de las causas que inciden mayormente en la generación de diabetes mellitus y otros padecimientos cuya prevalencia es alarmante y a la vez causante de la muerte de un número de personas en México.

Es por ello que las instituciones de salud deben fortalecer las acciones necesarias para prestar servicios básicos de salud a la población mexicana que presenta claros síntomas de sobrepeso y obesidad, así como para fortalecer los programas de educación y de nutrición que tienen por objeto el promover hábitos de alimentación que sean adecuados para cada individuo y sobre todo, para establecer programas y llevar a cabo actividades cuyo propósito sea el prevenir, dar tratamiento adecuado y controlar la obesidad en nuestro país.

Por lo anteriormente expuesto me permito presentar a la consideración de esta soberanía, el siguiente:

PROYECTO de Decreto por el que se modifica la fracción II del artículo 115 de la Ley General de Salud-

UNICO. Se modifica la fracción II del artículo 115 de la Ley General de Salud, para quedar como sigue:

Artículo 115. La Secretaría de Salud tendrá a su cargo ...

Fracción II. Normar el desarrollo de los programas y actividades de educación en materia de nutrición, prevención, tratamiento y control de la desnutrición y obesidad, encaminados a promover hábitos alimentarios adecuados, preferentemente en los grupos sociales más vulnerables.

El presente Decreto entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

Dado en el Palacio Legislativo de San Lázaro a los 30 días del mes de octubre del 2003-

Suscribe la diputada María Cristina Díaz Salazar. Gracias.

Av. Congreso de la Unión No.66
Colonia El Parque, Delegación Venustiano Carranza
C.P. 15969 Edificio "G" 2º Nivel
Tel. 56 28 13 67

Apéndice E

Ley para el manejo de residuos sólidos en el DF

En la Zona Metropolitana del Valle de México se generan alrededor de 12 mil toneladas diarias de basura, de la que 60 % son materiales inorgánicos y 40 % orgánicos, que son desechados en las plantas de selección de Bordo Poniente, San Juan de Aragón y Santa Catarina, de los cuales el Tiradero del Bordo del Poniente o Xochiaca, se encuentra sobresaturado y se ha propuesto su clausura para marzo de 2005.

En la Ciudad de México mensualmente la familia urbana promedio (que consta de 5 personas) produce un metro cúbico de basura, lo que se traduce, en términos de la ciudad entera, en 3 millones de metros cúbicos. El Estadio Azteca puede contener tan sólo un millón de metros cúbicos, lo cual significaría que mensualmente la ciudad de México requiere un sitio de tres veces el tamaño del Estadio Azteca.

Derivado de la preocupación del manejo y depósito de los desechos, fue aprobada en la Asamblea Legislativa del Distrito Federal la Ley de Residuos Sólidos, en donde se establece, entre otras cuestiones, que los desechos deberán ser separados en **orgánicos e inorgánicos**.* La aplicación de esta normatividad se planteaba a partir del primero de octubre de 2004, aunque hay una propuesta para que la fecha se posponga ya que no existen aún las condiciones técnicas ni la cultura ciudadana para que el programa resulte exitoso. Una de las principales recomendaciones que distintos organismos internacionales le han hecho al Gobierno del Distrito Federal, entre ellos la Agencia de Cooperación Internacional del Japón, es impulsar normas y programas para la separación y reciclado de la basura. Promoviendo la selección de los residuos desde el hogar, con lo que se ahorraría mucho dinero y se podría hacer más eficiente el movimiento de la misma.

Esta ley contempla sanciones que van de 10 a 150 días de salarios mínimos a personas que tiren la basura en lugares no permitidos y a quienes no separen los desechos orgánicos e inorgánicos antes de entregarla a los camiones de basura, y sanciones de 150 a 20 mil días de salario mínimo a quienes confinen residuos tóxicos en parques, áreas naturales protegidas, lo diluyan en cuerpos de agua, mezcla de residuos en el drenaje y otros que se aplicarán de acuerdo a la valoración del daño que ocasionen.

La ley contempla arrestos de 36 horas, sin embargo, la primera ocasión que se detecte a alguien tirando desechos, la sanción sólo será una amonestación.

* Existe ambigüedad semántica en esta definición, lo que está ocasionado polémica.

La obligación de separar la basura se especifica en el artículo 33, que a la letra dice:

Artículo 33.-

Todo generador de residuos sólidos debe separarlos en orgánicos e inorgánicos, dentro de sus domicilios, empresas, establecimientos mercantiles, industriales y de servicios, instituciones públicas y privadas, centros educativos y dependencias gubernamentales y similares.

Estos residuos sólidos, deben depositarse en contenedores separados para su recolección por el servicio público de limpia, con el fin de facilitar su aprovechamiento, tratamiento y disposición final, o bien, llevar aquellos residuos sólidos valorizables directamente a los establecimientos de reutilización y reciclaje.

El Reglamento definirá la subclasificación que deberá aplicar para la separación obligatoria de residuos sólidos, con base a las disposiciones del presente artículo para cada una de las clasificaciones establecidas, así como para los distintos tipos de generadores.

TERCERO (transitorio).-

Las disposiciones que esta Ley establece en materia de separación de los residuos sólidos, recolección selectiva de dichos residuos y la instrumentación de planes de manejo aplicarán a partir del primero de enero de 2004. En consecuencia, las autoridades competentes, entrada en vigor la presente Ley, comenzará a implantar medidas y mecanismos tendientes a organizar la estructura e instalar la infraestructura necesaria y llevar a cabo campañas masivas de difusión de los contenidos de la presente Ley.

Por otra parte, para toda la ciudad se cuenta con 2 097 vehículos recolectores de basura, de los cuales 606 tienen menos de cinco años, por lo que de acuerdo a esta ley se planea que en los próximos 4 años haya una inversión de mil 500 millones de pesos para la sustitución de unidades y 950 millones en infraestructura.

Con el trabajo de separación de basura se busca inculcar la cultura ecológica, reeducar y concientizar a la ciudadanía en el manejo de los desechos, y con ello reducir 30 % el número de toneladas de basura. Este programa se irá aplicando en un plazo de 4 años, y en el primer año se pretende tener un avance de 5 % de la separación de los desechos, con el propósito de que para 2008 la gente ya esté familiarizada y tenga el hábito de la separación de residuos.

Seguramente la puesta en marcha de esta ley va a ocasionar molestias y críticas pues hasta ahora son pocos los habitantes del D.F. que saben de esta ley y por parte del gobierno del D.F. no existe, hasta ahora, ninguna campaña de información a la ciudadanía; tampoco sé que por parte del gobierno del D.F. se estén preparando las acciones para implementar la recolección de los desechos separándolos en tambos o contenedores de color de acuerdo al tipo de material que se deseche.

[79] Fuente: *Gaceta Oficial del Distrito Federal*, 22 de abril de 2003. La ley completa se puede encontrar en la siguiente dirección en internet <http://paot.org.mx/residuos/ley.html>

Referencias

Referencias bibliográficas

- Bronowski, Jacob, 1979. *El ascenso del hombre*, México, Fondo Educativo Interamericano, 449 pp.
- Capra, Fritjof, 1998. *La trama de la vida*, Barcelona, Anagrama, 359 pp.
- -----, 2003. *Las conexiones ocultas*, Barcelona, Anagrama, 391 pp.
- Guattari, Félix, 1996. *Las tres ecologías*, 2^{da} edición, Valencia, Pre textos, 79 pp.
- Von Bertalanffy, Ludwig, 1991. *Teoría general de los sistemas*, Buenos Aires, Fondo de Cultura Económica, 311 pp.

Tesis consultadas

- Alexander Fierro, María Eugenia, 1994. *Alto a la basura, una propuesta de educación ambiental*, tesis de Licenciatura, México UNAM, Facultad de Filosofía y Letras, [s. p.].
- Ayala Lobatón, Sara Delfina, 2001. *Educación ambiental y desarrollo sustentable en los sistemas de educación abierta y a distancia*, tesis de licenciatura en biología, México UNAM, Facultad de Ciencias, [s. p.].
- Castillo Cadena, Giannina, 1986. *Programa de actividades diseñadas para la educación ambiental para niños*, tesis de licenciatura, México UNAM, Facultad de Ciencias, [s. p.].
- González Gaudiano, Edgar Javier, 1992. *La educación ambiental*, tesis de maestría, México UNAM, Facultad de Filosofía y Letras, [s. p.].
- Leal Pérez, Ma. Eugenia, 1993. *Educación ambiental para los medios de comunicación masiva: análisis del tratamiento que han dado tres periódicos al problema del agua en la cuenca de México*, tesis de licenciatura, México UNAM, Facultad de Ciencias, [s. p.].
- Mercado Rejón, Agustín, 1997. *Educación ambiental*, tesis de licenciatura, México UNAM, Facultad de Química, [s. p.].

- Morales Rosas, Ma. Cristina, 1992. *Ecoturismo como estrategia metodológica de la educación ambiental no formal en las áreas naturales protegidas de México*, tesis de licenciatura, México UNAM, Facultad de Ciencias, [s. p.].
- Navarro Noriega, Laura, 1991. *Propuesta de un proyecto de educación ambiental no formal*, tesis de Licenciatura, México UNAM, Facultad de Filosofía y Letras, [s. p.].
- Reyes Canseco, Luis Carlos, 2002. *Educación ambiental en México*, tesis de licenciatura, México UNAM, Facultad de Filosofía y Letras, [s. p.].

Referencias electrónicas en Internet (consultadas en línea del 24 de enero al 28 de abril de 2004).

ABC reciclado,. *La página de los Chicos*, [s. f.].

http://www.ceamse.gov.ar/recicla_abc_plastico.html

APREPET, A.C., [s. t.], [s. f.]

<http://aprepet.org.mx>

Bertolo, Germán A.,. *Residuos del proceso PET*, ARNET, [s. f.].

<http://www.arnet.com.ar>

Chávez, Jorge et al.,. *Concreto polimérico a partir de botellas de desechables*, Con Ciencia, Agencia Universitaria de Periodismo Científico PUCP, 25 de marzo del 2002.

<http://www.pucp.edu.pe/invest/conciencia/numero1/reciclaje.htm>

Chávez, Jorge, et al.,. *Reciclaje químico de botellas desechables para la elaboración de un material de construcción*, [s. f.].

<http://www.pucp.edu.pe/invest/grupos/polycom/proy-reciclaje.htm>

Clasificación y reciclaje de PET y cartones, Olecar, [s. f.].

<http://www.olecar.4t.com/services.htm>

Con 20 millones de dls. construirán en México planta de reciclaje de PET, SEMARNAT, Comunicado de prensa Núm. 092/03, 2003.

<http://148.233.168.204/comunicacionsocial/boletines.shtml>

Con 20 millones de dls construirán en México planta para reciclaje del PET, REPARMA, Colombia, 2003.

<http://www.reparmar.org/search.php?query=&topic=9&author>

Cultura del cuidado del medio ambiente, base para un desarrollo armónico, Contexto, [s. f.].

<http://www.edomexico.gob.mx/newweb/archivo%20general/contexto/contexto.htm>

Drinktec, la Feria mundial de tecnologías de bebidas y alimentos líquidos, Agenda, Munich del 12 al 17 de septiembre de 2005.

http://www.ide-e.com/cgi-bin/NumeroPortada.asp?qArticulo.id_numero=42

- ECOCE A.C. (Ecología y Compromiso Empresarial), [s. t.], [s. f.].
<http://www.ecoce.org.mx>
- Económico, transparente, ligero, irrompible, recerrable y reciclable*, [s. a.], [s.f.].
http://www.wellmaninc.com/petresins/PR_Home.asp
- Ecosofía*, [s. a.], [s. f.].
<http://infea.cnuce.cnr.it/documenti/carta.html>
- Eco sitio, conclusiones de Johannesburgo*, [s. a.], 2003.
http://www.eco-sitio.com.ar/conclusiones_de_Johannesburgo.html
- El pet y su situación actual en el DF*, Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, [s. f.].
<http://www.paot.org.mx/centro/publi-ext/pet/>
- El PVC a debate*, Greenpeace, 2002.
<http://www.greenpeace.es/TOXICOS/campagna.asp?IdSitu=19>
- El reciclaje de plásticos y la generación de empleo*, [s. a.], [s. f.].
<http://uc.org.uy/editoria.htm>
- Estadísticas del Sector Salud y Seguridad Social 2002*, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI, México D.F., a 7 de julio de 2003.
<http://www.inegi.gob.mx>
- Fernández, Rosa et al., *Contaminación*, Diario ABC de Paraguay, [s. f.].
<http://www.abc.com.py/loc05.htm>
- Galván, Julián., *El envase plástico y sus posibilidades de reciclaje*, ARPET, [s. f.].
<http://www.arpet.ar>
- Guattari, Felix., *Para una fundación de las prácticas sociales*, 1992.
<http://aleph-arts.org/epm/index.html>
- Guerra, Fabio., *¿Y en plástico nos convertiremos?*, Semanario "Brecha", Montevideo, N° 703, viernes 21 de mayo de 1999, pp 15-17.
<http://www.erres.org.uy/index.htm>
- INA A.C. (Instituto Nacional de Aprendizaje), [s. a.], [s. f.].
<http://www.ina.ac.cr>
- Instalaciones para reciclar botellas de PET, PVC, PE, PP*, Eco Máquinas, [s. f.].
<http://www.ecomaquinas.com/Default.htm>
- López T., Arlette., *Planificación urbana y gestión de residuos*, Secretaria de Ecología Gobierno del Estado de México, 2003.
<http://www.aguaydesarrollosustentable.com/200305>

Materiales reciclados frecuentemente, Departamento de obras publicas, división de programas del medio ambiente de Los Ángeles CA. 2004.

<http://ladpw.org/epd/recycling/spanish/crm.cfm>

Mata, Paulina,. *Reducir y reciclar los desechos domésticos*, Ambientico, [s. f.].

<http://www.una.ac.cr/ambi/Ambien-Tico/115/index.htm>

McHarry, Jan,. *PET (polietileno terftalato)*, Buenos días planeta, [s. f.].

<http://www.buenosdiasplaneta.org>

México: campaña nacional de reciclaje de envases plásticos, Noticias Agua y Saneamiento, 2003.

<http://www2.irc.nl/source/lges/contact.php>

Moncada, Gerardo,. *Reciclaje de PET*, Expansión S A, 2003.

http://www.manufacturaweb.com/prnfriend.asp?clave_id=98_24

Ortiz, Fiona,. *Enfoque, recesión de EEUU tiene a basureros mexicanos en crisis*, Agencia Reuters, 30/11/2001.

<http://www.reuters.com>

¿Qué es reciclaje?, [s. a.], [s. f.].

<http://reuse.tripod.com/index.htm>

Reciclado de envases de PET, Revista Ambientum, 2002.

<http://www.ambientum.com/revista/index.asp>

Reciclar esta bien, super bien, [s. a.], [s. f.].

<http://www.radiopopolare.it/lindo/spa/start.htm>

Recolección de envases de plástico, [s. a.], [s. f.].

<http://www.lineaverde.edu.uy/informes/docs/plastico.doc>

Reyes, Paola,. *Diseño de un sistema de reciclaje de plásticos para estruplast S.R.L.*, Universidad del Valle, [s. f.].

<http://www.univalle.edu/noticias/journal/journal1/pag2.htm>

Seis medidas imprescindibles para garantizar en Montevideo el éxito de la campaña de reciclaje de botellas de plástico PET, [s. a.], [s. f.].

<http://www.uc.org.uy/index.html>

Serrano, Carlos,. *Luz verde para el reciclaje de PET*, 2001.

<http://www.madrimasd.org/culturaCientifica/ateneo/quiosco/prensa/dossiers/plasticos/plasticocom/pet.htm>

SEMARNAT, La Reforma, México, mayo 15 de 2003.

<http://www.semarnat.gob.mx>

Sistema integral de manejo y comercialización de desechos sólidos, Eco Index, 2003.

<http://www.eco-index.org/new/indexs.cfm>

Tornel C, Raúl,. *Industria y Medio Ambiente*, La guía ambiental, 2003.
<http://www.union.org.mx>

Tornel C, Raúl,. *Se pone en marcha la procesadora de residuos de envases de plástico Ecoce*, [s. f.].
<http://www.union.org.mx>

Ureña, Felipe,. *RECYCO. Un caso exitoso de recuperación de desechos plásticos*, Sistema Nacional para el Desarrollo Sostenible, 1998.
<http://www.mideplan.go.cr/sinades/PUBLICACIONES/sector-productivo/index-5.htm>

Nota.- Los datos faltantes se indican mediante corchetes según la siguiente clave:
sin autor [s. a], sin título [s. t.], sin fecha [s. f.], y sin número de páginas [s. p.].

Índice de Tablas, Gráficas y Figuras

Índice de Tablas

Tabla 1.	Consumo de los principales plásticos en México durante el año 2000.	16
Tabla 2.	Utilización de plásticos para embalaje en México durante el año 2000.	17
Tabla 3.	Composición del mercado de resina PET durante 2000.	19
Tabla 4.	Datos estadísticos del PET en el año 2000.	25
Tabla 5.	Toneladas de subproductos recuperados en las plantas de selección y aprovechamiento de residuos sólidos en 1998.	28
Tabla 6.	Número de botellas consumidas de cada presentación en 15 días.	41
Tabla 7.	Porcentaje de botellas consumidas de cada presentación en 15 días.	42
Tabla 8.	Número de litros consumidos de cada presentación en 15 días.	42
Tabla 9.	Costo de las botellas consumidas de cada presentación en 15 días.	43
Tabla 10.	Comparación entre la calidad del reciclado mecánico y químico.	59

Índice de Gráficas

Gráfica 1.	Distribución porcentual del consumo de los principales plásticos en México durante el año 2000.	16
Gráfica 2.	Distribución porcentual de la utilización de plásticos para embalaje en México durante el año 2000.	17
Gráfica 3.	Porcentaje de la composición del mercado de resina PET durante el año 2000.	20
Gráfica 4.	Consumo de energía para la fabricación de envases de refresco.	21
Gráfica 5.	Emisiones atmosféricas durante el proceso de fabricación de envases para refrescos.	21
Gráfica 6.	Emisiones a afluentes en la fabricación envases de refrescos.	22
Gráfica 7.	Comparación entre peso y volumen de los desechos sólidos en la fabricación de envases para refrescos.	22
Gráfica 8.	Generación de residuos sólidos postconsumo.	24
Gráfica 9.	Datos estadísticos del PET en el Distrito Federal durante 2000.	26
Gráfica 10.	Composición de los residuos sólidos por fuente de generación en el Distrito Federal durante el año 1998.	27
Gráfica 11.	Porcentaje de los materiales en las plantas de selección del DF.	29
Gráfica 12.	Comportamiento del <i>Petario 1</i> .	38
Gráfica 13.	Comportamiento del <i>Petario 2</i> .	39
Gráfica 14.	Comportamiento del <i>Petario 3</i> .	39
Gráfica 15.	Comportamiento del <i>Petario 4</i> .	40
Gráfica 16.	Comportamiento del <i>Petario 5</i> .	40

Gráfica 17. Número de botellas y porcentaje de cada grupo.	42
Gráfica 18. Número de litros, costo y porcentaje de cada grupo.	43
Gráfica 19. Número de botellas y porcentaje de cada grupo en un año.	44
Gráfica 20. Número de litros, costo y porcentaje de cada grupo en un año.	45
Gráfica 21. Relación entre dinero gastado para obtener 1 tonelada de botellas de PET y el recuperado por su venta en cuatro casos específicos.	45
Gráfica 22. Comparación porcentual de las principales causas de mortalidad en México, durante el año 2001.	46
Gráfica 23. Muertes por Diabetes Mellitus en México, de 1955 a 2001.	46
Gráfica 24. Comparación del poder calorífico de distintos materiales.	59

Índice de Figuras

Figura 1. Contaminación del medio ambiente por PET .	30
Figura 2. Mapa de la ubicación de las 5 zonas comerciales en la Facultad de Ciencias donde se vende comida (rectángulos sombreados) y donde fueron colocados los <i>petarios</i> (depósitos para PET marcados con círculos).	37
Figura 3. Esquema del proceso de fabricación de envases de PET.	53
Figura 4. Reacciones químicas en la fabricación de PET.	54
Figura 5. Esquema de reacciones químicas en el proceso de fabricación de PET.	55
Figura 6. Variedad de recipientes de PET usados comercialmente.	56
Figura 7. Ciclo de vida del PET reciclado.	57
Figura 8. Esquema de reciclado mecánico de PET.	58
Figura 9. Esquema de reciclado químico de PET.	58
Figura 10. Partes de una tapa de PET.	60