

**UNIVERSIDAD METROPOLITANA
ESCUELA GRADUADA DE ASUNTOS AMBIENTALES
SAN JUAN, PUERTO RICO**

**DESARROLLO DE UN PLAN DE MANEJO PARA EL RECICLAJE DE VIDRIO
PROCEDENTE DE LOS ESTABLECIMIENTOS DE CONSUMO DE BEBIDAS
ALCOHÓLICAS EN EL MUNICIPIO DE ARECIBO**

Requisito parcial para la obtención del
Grado de Maestría en Ciencias en Gerencia Ambiental
En Evaluación y Manejo de Riesgo Ambiental

por
Xiomara Martínez Morales

12 de mayo de 2011

DEDICATORIA

*A la mujer que me enseñó perseverancia.
A ti que fuiste mi amiga y consejera, a ti abuela.
Aunque nunca viste esto materializado estuviste presente
en cada etapa del proceso, gracias por tu amor y dedicación.
A mi abuelo por su grandiosa aportación y
apoyo y comprensión, gracias por tu amor incondicional.
Y a ti Kiomara Diagnelys por enseñarme la luz al final del túnel,
por ser la fuerza que me motiva cada día, porque tu sonrisa
hace que todo sea mejor, por llenar mi vida de amor y esperanza.
A ustedes tres los amaré por siempre y gracias por ser parte de mi vida.*

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por guiar mi camino. A mi comité de tesis la Dra. Beatriz Zayas, gracias por su apoyo y paciencia, al Dr. Santos Rohena y el Dr. Carlos Padin por su aportación a mi trabajo. A la profesora María Calixta Ortiz por su ayuda y comprensión. A mi esposo José Rodríguez por apoyarme, entenderme y motivarme en este proceso. A mis padres y mi suegra por servirme de apoyo y por estar ahí cuando los necesite. A mi abuelo por cuidarme y esperarme, gracias por tu amor que trasciende barreras. Un agradecimiento especial al Sr. Ángel Pérez gerente general de la concretera de Comercial La Pino en San Sebastián, a la Sra. Marjorie Rey, bibliotecaria de la Autoridad de Desperdicio Sólidos y al Sr. Milton López, Director de Reciclaje y Ornato del Municipio de Guaynabo.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|------|
| LISTA DE TABLAS | vi |
| LISTA DE FIGURAS | vii |
| LISTA DE APÉNDICES..... | viii |
| RESUMEN | ix |
| ABSTRACT | x |
| CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN | 1 |
| Trasfondo del problema | 1 |
| Problema de estudio..... | 8 |
| Justificación del estudio | 11 |
| Meta | 14 |
| Objetivos | 14 |
| CAPÍTULO II REVISIÓN DE LITERATURA | 15 |
| Introducción..... | 15 |
| Reciclaje..... | 15 |
| Proceso de reciclaje de vidrio..... | 17 |
| Marco legal..... | 22 |
| Leyes federales | 22 |
| Estudio de caso | 28 |
| CAPÍTULO III METODOLOGÍA..... | 32 |
| Análisis de resultados | 33 |
| CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 35 |
| Análisis de botellas de cerveza..... | 35 |
| Análisis de botellas de licor | 36 |
| CAPÍTULO V RECOMENDACIONES | 41 |
| Plan de manejo | 43 |
| LITERATURA CITADA | 50 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Cantidad de botellas generadas en el Municipio de Arecibo. | 55 |
|--|----|

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Diferencia de la cantidad de botellas generadas en los negocios de consumo de bebidas alcohólicas en el municipio de arecibo | 57 |
| Figura 2. Cantidad de botellas de color verde generadas en municipio de arecibo..... | 58 |
| Figura 3. Cantidad de botellas de color ámbar generadas en municipio de arecibo..... | 59 |
| Figura 4. Cantidad de botellas de color transparente generadas en municipio de arecibo..... | 60 |
| Figura5. Cantidad de botellas de licor generadas en municipio de arecibo..... | 61 |

LISTA DE APÉNDICES

| | |
|---------------------------------------|----|
| Apéndice 1. Inventario de Tesis | 63 |
|---------------------------------------|----|

RESUMEN

La generación de desperdicios sólidos en Puerto Rico sigue en aumento. El vidrio a pesar de no ser un material ni reactivo ni tóxico es un material que tiene un tiempo de descomposición de 500 a 4000 años, el vidrio es un material 100% reciclable y puede ser reciclado una cantidad infinita de veces. La meta principal de esta investigación es cuantificar la cantidad de botellas generadas en los establecimientos de venta de bebidas alcohólicas en el municipio de Arecibo, para poder cumplir con el objetivo se hizo un inventario de las botellas generadas en los centros de consumo y se extrapolo a la cantidad total de establecimientos en el municipio. Luego de finalizar el inventario se determinó que el área urbana vende el 62 % de las botellas en el municipio mientras que el área rural vende el 37% de estas. Al calcular la cantidad total de botellas generadas se determinó que en el municipio genera la cantidad de 546,924 botellas anuales y la cantidad total de vidrio generado es de 562,775 lbs. anuales. Al conocer estos datos podemos buscar de manera específica áreas en las que se pueda utilizar el vidrio como materia prima y desviarlos de los sistemas de relleno sanitario. Durante la investigación de este trabajo encontramos una fábrica de bloque que utiliza vidrio en la construcción de sus bloques. Este nuevo producto tiene una gran acogida en la sociedad. Además se pudieron identificar otras áreas para el reciclaje de este material como lo son las carreteras y la creación de topes de cocina. Este estudio tuvo algunas limitaciones por lo que es un estudio estimado de la cantidad de botellas generadas solo en un municipio y no conocemos la cantidad de botellas que entran al país.

ABSTRACT

Solid waste generation in Puerto Rico continues to rise. The glass despite not being a reactive or toxic material or a material having a decay time of 500 to 4000 years, glass is a 100% recyclable and can be recycled an infinite amount of times. The main goal of this research is to quantify the number of bottles generated by establishments selling alcoholic beverages in the town of Arecibo, in order to achieve the objective, an inventory of bottles generated in the consumption centers and extrapolated to the total number of establishments in the municipality. After completing the inventory found that the urban area sells 62% of the bottles in the town while the rural area sells for 37% of them. In calculating the total amount of bottles generated was determined that the county generates the amount of 546.924 bottles per year and the total amount of glass produced per year is 562.775 lbs. By knowing this information we can look specifically areas in which the glass can be used as raw material and divert it from landfill systems. During the investigation of this work, we have a factory that uses glass block building blocks. This new product has a great acceptance in society. You could identify other leg recycling this material such as roads and building countertops. This study had some limitations as a study estimated the number of bottles generated only in a municipality and do not know the number of bottles into the country.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Trasfondo del problema

Un desperdicio sólido es una actividad que genere costos, pero no añada ningún valor al producto desde el punto de vista del cliente (Kahirluzan & Boussbaine, 2006). Los desperdicios sólidos comprenden una gran variedad de materiales sólidos producidos por actividades humanas y animales que son descartados como desechos (Rohena, 1969). Los impactos ambientales tienen efectos acumulativos a través del tiempo que pueden ser críticos y destructivos para la ecología y la salud del hombre (Gutberlet, 2000). Los desperdicios sólidos promueven la contaminación y la degradación del ambiente debido a las actividades humanas. Algunos de los términos relacionados al reciclaje son; separación de la fuente que es la remoción potencial de materiales reciclables para evitar que estos sean llevados a los sistemas de disposición. La generación de energía a través de los desperdicios es el proceso utilizado para la incineración de los desperdicios en un ambiente controlado, en el cual la energía es recuperada y utilizada de manera inmediata (EPA, 1997). La contaminación con estos desperdicios está vigente desde el comienzo de una interrelación directa entre el hombre y el medio ambiente, como lo es la agricultura, creación de embalses y el cambio en las condiciones de la naturaleza para fomentar la siembra (ADS, 2004).

Según la Autoridad de Desperdicios Sólidos (ADS) en la actualidad se generan millones de toneladas de desperdicios sólidos cada año en Puerto Rico. Este aumento desmedido en el incremento de los desperdicios sólidos ha traído consigo grandes

problemas a nivel mundial, donde se tienen que empezar a analizar nuevas alternativas para la disposición de estos desperdicios (Cardinali, 2001). La sustentabilidad del manejo de desperdicios impone la generación de menos desperdicios, el re-uso, reciclaje y recobro del desperdicio (Khairulzan & Boussabaine, 2006). La disposición de desperdicios en los sistemas de relleno sanitario es más económica en comparación con la disposición en otros lugares, sin tener en consideración el daño que se le hace al ambiente (Turner & Powell, 1991).

Aunque existen alternativas, la adquisición e implantación de nuevas tecnologías para la disposición de desperdicios sólidos es demasiado costoso lo cual limita su viabilidad para la implementación y a la vez poder minimizar el problema de los desperdicios. Algunas de las tecnologías alternas existentes para la reducción de estos desperdicios son: la incineración, tratamiento termal, pirolisis e incineración de plasma. Una de las maneras más viable de ayudar al ambiente es mediante el reciclaje. Reciclaje es el proceso mediante el cual un material es recuperado del flujo de los desperdicios sólidos y es utilizado en la elaboración de otros productos o para fabricar el mismo (Kulatunga, Amaratunga & Haigh, 2006). El reciclaje disminuye la cantidad de desperdicios sólidos que llegan a los sistemas de relleno sanitario aumentando la vida útil de los mismos. Entre los materiales reciclables se encuentran: aluminio, vidrio, papel, cartón y plástico (Taylor & Francis, 2005). Un sistema efectivo de manejo de desperdicios, debe integrar la minimización de éste, reciclaje, procesamiento, transporte y la disposición final (Turner & Powell, 1991).

En Puerto Rico se ha trabajado con el manejo de los desperdicios sólidos por décadas. Estos eran dispuestos en vertederos abiertos con quemados al aire libre,

crematorios y humedales debido a la mala planificación y por desconocimiento de los daños que estos causaban al ambiente y a la salud (Rohena, 2006). La contaminación atmosférica está asociada con la ocurrencia de muchas enfermedades de las vías respiratorias, incluyendo asma, bronquitis crónica, cáncer del pulmón y enfisema (Rohena, 1969). Con la implementación de legislaciones federales para la protección del aire, agua y terreno, con controles más estrictos que los existentes se desarrollaron planes de manejo de los desperdicios sólidos con mayor énfasis en la disposición de los mismos en lugares controlados. Las legislaciones federales quedaron implantadas desde el 1965 con la Ley de Aire Limpio (CAA por sus siglas en ingles). En el 1972 se estableció la Ley de Aguas Limpias (CWA por sus siglas en ingles) y en el 1976 se redactó la disposición del Subtítulo D de la Ley de Conservación y Recuperación de Recursos (RCRA por sus siglas en ingles) (ADS, 2004 y Rohena, 2006).

En el 1980 se desarrollo el Plan Integral para la Recuperación de Recursos el cual fue revisado en el 1982. Su propósito no solo era disminuir la cantidad de desperdicios sólidos que se generaban, y buscar una solución a la crisis energética existente en aquel momento. Alguna de las alternativas consideradas en ese momento fue la incineración, para esta época solo se incineraban algunos de los desperdicios sólidos generados por lo que era necesario buscar terrenos para la creación de nuevos sistemas de disposición en el terreno.

En el 1986 se actualizó nuevamente el Plan Integral de Recursos existente. Las nuevas recomendaciones consistían en establecer siete plantas de incineración dirigidas a recuperación de energía, además de enfatizar en la recuperación de recursos disminuyendo la cantidad de residuos que requerían disposición. En el 1990 se volvió a

evaluar el Plan Integral de Recursos, en esta evaluación se excluyeron áreas que bajo el subtítulo D de RCRA eran áreas no apropiadas para ubicar nuevas instalaciones de disposición final. Las áreas excluidas son aquellas susceptibles a inundaciones, bosques, reservas, lagos, áreas urbanas, cárnicas, hábitat de especies en peligro de extinción, zona de amortiguamiento alrededor del aeropuerto, lugares históricos y culturales. Durante esta revisión, se sugirió la división de la isla en 20 regiones. Tres de ellas debían contar con plantas de recuperación de energía, las cuales servirían a 25 municipios, las 17 regiones restantes contarían con sistemas de relleno sanitario para servir a 53 municipios. Este plan fue adoptado por la orden ejecutiva núm. 5060, el 24 de febrero de 1986. Debido a la falta de dinero para su implementación no pudo ser implementado, por lo que se legisló para crear nuevas leyes para la recuperación de recursos permitiendo la creación de industrias con este propósito. En el 1995, el plan regional de infraestructura para el reciclaje y disposición de desperdicios de Puerto Rico estableció que se utilizarían estrategias como tecnologías y sistemas para la reducción de los residuos además de buscar la recuperación de materiales que pueden ser reutilizados, reciclados y devueltos a la economía del país, ya sea como materia prima o como productos. Como parte de la política pública, se desarrolló un programa para reciclar el 35% de los desperdicios sólidos en un período de cuatro años como parte del plan de desvío, el cual incluía los municipios como parte integral para el alcance de la meta.

Para lograr el propósito establecido, se recomendó la siguiente jerarquía para el manejo de los desperdicios sólidos y cuyo objetivo principal era reducir la cantidad de desperdicios sólidos generados (ADS, 1995):

- La reducción de la fuente.

- Reciclaje o composta de material que no pueda ser reducido en la fuente.
- Utilización de los residuos sólidos para la generación de energía siempre y cuando este proceso conserve la calidad del aire, agua, suelo y otros recursos naturales.
- Disposición mediante los sistemas de relleno sanitario los materiales que no se han podido utilizar salvaguardando que estos cumplan con las disposiciones federales y estatales.

Al no poder cumplir con las disposiciones establecidas se promulgo la Ley núm. 13 del 20 de enero de 1995, la cual enmendó la Ley 70 de 1992. De esta manera se amplía el programa para la reducción y reciclaje de desperdicios sólidos proveyéndole incentivos económicos a las compañías para que promuevan el reciclaje (ADS, 1995). Con la aprobación de la Ley 171 para el manejo de neumáticos y la ley 172 para el manejo de aceite usado en el 1996 se prohibió la disposición de estos en los sistemas de relleno sanitario y se estableció a su vez una tarifa al momento de la compra para el reciclaje de los mismos (ADS, 1996).

En el año 2003 se desarrollo el Plan Estratégico para el Manejo de los Residuos Sólidos en Puerto Rico (PERMS). Las siguientes estrategias básicas establecidas en el plan consisten en una misión y visión de 20 años y son:

- Reducción, Re-uso y Reciclaje
- Infraestructura
- Desarrollo de Mercados
- Participación Ciudadana

Algunos ciudadanos utilizan áreas no reguladas para la disposición de desperdicios sólidos. Algunas de estas áreas se encuentran en lugares cercanos a ríos,

humedales, quebradas, suelos destinados a la agricultura (ADS, 2008). Para el año 1968 un estudio reveló que en Puerto Rico existían 1344 vertederos promiscuos a lo largo de nuestras carreteras principales, solares yermos, urbanizaciones, áreas de recreo y cuerpos de agua (Rohena, 1969). En la actualidad la disposición de desperdicios en áreas restringidas no es tan común. Estos vertederos no cumplían con las regulaciones de las agencias por lo que violan las normas para el buen manejo de los desperdicios sólidos.

En Puerto Rico se utilizaba la quema de los desperdicios sólidos como una manera de destrucción de estos. Esta práctica fue eliminada por la Junta de Calidad Ambiental (JCA) debido a los daños que ocasionaba a la salud y al ambiente. La JCA en su reglamento de 1973 prohíbe la quema a campo abierto sin la autorización previa de la agencia y esta área permanece igual en la actualización del reglamento en el 1997 (JCA, 1997). Aunque se está buscando la manera de disminuir la cantidad de desperdicios sólidos que se depositan en los sistemas de relleno sanitario es necesario buscar nuevas formas de disposición final para los mismos. Los sistemas de relleno sanitario existentes en la actualidad en Puerto Rico se encuentran en el proceso de cierre o próximos a cerrar en algunos años. Para la creación de estos nuevos sistemas es indispensable buscar las áreas adecuadas, las cuales tienen que cumplir con el subtítulo D de RCRA. Las áreas para estos propósitos en la isla son mínimas por su geografía, ya que los daños que le crean a los recursos naturales es acumulativo e irreversible (Gutberlet, 2000).

En Puerto Rico en el 1994 operaban 62 sistemas de relleno sanitario, 31 de estos fueron cerrados en el 1994 por la JCA y la ADS por incumplimiento con el Reglamento para el manejo de Desperdicios Sólidos de la JCA y la parte 258 del código de reglamentaciones federales, título 40 (EPA, 1976).

Para el 2003 los desperdicios sólidos municipales era de aproximadamente 5,598,972 toneladas /anuales lo que es un per cápita de 5.17lbs/persona/día. Estos desperdicios provienen de la basura residencial, comercial e industrial. Puerto Rico contaba con nueve instalaciones de recuperación de material reciclable, cuatro plantas de compostas, 17 estaciones de transbordo y 32 sistema de relleno sanitario los cuales son operados por empresas privadas o por los municipios (ADS, 2004).

Es imperativo que las personas tomen el reciclaje como opción ya que de esta manera mejoramos y preservamos el ambiente para futuras generaciones. Debemos recordar que solo quedan ocho años de vida útil de algunos sistemas de relleno sanitario. Hay que implementar un plan de acción fuerte y agresivo, debido a que la cantidad de terrenos que teníamos disponibles se han utilizado para el desarrollo de nuevas viviendas, centros comerciales, entre otros (ADS, 2008).

Cuando hablamos de reciclaje no podemos perder de perspectiva que el vidrio es un material que es 100% reciclable y se puede utilizar en diversas formas. Con el reciclaje del vidrio se minimiza la extracción de materia prima, como lo es la sílice que es el material principal para la elaboración del vidrio y es un recurso natural no renovable. En Puerto Rico los yacimientos de la arena sílice han disminuido grandemente por la explotación desmedida de estos.

Aunque se creó la ADS en virtud a la ley núm. 70 del 23 de junio de 1978 cuyo objetivo principal era crear una corporación pública para implementar la política pública de procesamiento y disposición de los desperdicios sólidos. Esta nueva agencia tenía la encomienda de desarrollar un plan de reciclaje que ayudara con la disminución de la cantidad de material que llega a los vertederos. La importancia de la desviación de estos

desperdicios favorece que el tiempo pueda ser dilatando al máximo extendiendo así el proceso de cierre de los mismos y ayudando a la sustentabilidad de las operaciones del país. A través de los años que lleva creada ADS se han hecho varios intentos por disminuir la cantidad de desperdicios sólidos que llegan a los vertederos y se han considerado a su vez planes de envergadura para poder lograr este objetivo. En el año 1995 se estableció la meta para que la ADS estableciera un programa de reciclaje del 35 % del volumen de los desperdicios sólidos generados en Puerto Rico. Al no poder cumplir con esta meta ha sido necesario enmendar la Ley que la estableció en varias ocasiones, por las siguientes razones (ADS, 1995a):

- No se ha hecho la asignación de fondos suficientes para el desarrollo de un programa dinámico.
- ADS no realizó una investigación exhaustiva para determinar la causa de la falta de desviación de la reducción, re-uso y reciclaje de los desperdicios sólidos.
- Se dependió que los municipios desarrollaran planes de reducción, re-uso y reciclaje sin contar con que no todos cuentan con los recursos económicos para poder mantener el plan y no cuentan con el personal adiestrado para cumplir con este requisito de Ley.

Problema de estudio

El desarrollo económico, el aumento poblacional y el desarrollo de la tecnología de empaque a comienzos de la década del 1960 y décadas subsiguientes son los factores principales para el aumento de desperdicios sólidos. A raíz del aumento poblacional el gobierno ha buscado la manera de disminuir la cantidad de desperdicios generados. Desde el año 1980 la ADS ha desarrollado y enmendado el plan de Recuperación de

Recursos estableciendo siempre la reducción, reciclaje, el procesamiento y disposición de los desperdicios sólidos. Algunas de las enmiendas que ha sufrido la ley que crea ADS son: el 20 de enero del 1995 se firma la ley núm. 13, la cual determina más rigurosamente las tasas de reciclaje en Puerto Rico, la cual debe ser el 35% de los desperdicios generados en el país (ADS, 1995). La ley 411 del 8 de octubre de 2000, enmienda la ley núm. 13 estableciendo “Que toda industria, tiendas, comercio, fábricas, institución comercial o no comercial, educativa, universitaria y turística, con o sin fines de lucro, que empleen a 10 personas o más, ya sea a tiempo completo o parcial tendrán que implementar un plan de reciclaje (ADS, 2000). La estrategia más adecuada, el cual disminuye la producción de desperdicios, el incentivar el reciclaje y el re-uso, no ha sido implementada de tal manera que el alcance de esta sea la solución a los problemas (Gutberlet, 2000).

La disposición de los desperdicios sólidos mediante los sistemas de relleno sanitario será discontinuada porque los existentes no cumplen con las regulaciones y por la capacidad de estos ya que la vida útil de ellos se está agotando. Para el año 2018 la cantidad de sistemas de disposición va haber disminuido grandemente debido a que la vida útil de los existentes está a punto de terminar (ADS, 2008). En Estados Unidos para la década de los 1990 se comenzaron estrategias más fuertes en torno al reciclaje ofreciendo incentivos a las industrias, creando así industrias más proactivas e innovadoras en relación al ambiente. Estas compañías utilizan el material reciclado como materia prima. En Puerto Rico la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) ordenó el cierre de los Sistemas de disposición en el terreno de los municipios

de Vega Baja, Santa Isabel, Florida, Aguadilla y Toa Baja por incumplimiento al subtítulo D para los Sistema de relleno sanitario (ADS, 2008).

La generación y recuperación de vidrio para el año 2008 en Estados Unidos fue de 12.15 millones de toneladas generadas, obteniendo una recuperación de 2.81 millones de toneladas para un porciento de 23.1 %. Se evidencio una alta diferencia con otros materiales como lo es el papel cuya recuperación fue de 55.5% (EPA, 2008). En países como Suecia y Alemania se recicla entre el 80-90% del cristal. El Instituto de Empacadoras de Cristal de Estados Unidos reportó en el 1997 que se reciclaba el 35.8% de las botellas. El material reciclado no solo se utiliza en la manufactura de nuevos envases sino que un 10% de esto se utiliza en la manufactura de fibra de vidrio, para aislamiento térmico o acústico, ladrillos y para ser mezclada con asfalto para la construcción de autopistas (Taylor & Francis, 2008).

En Puerto Rico existían dos plantas recicladoras de vidrio las cuales estaban ubicadas en Guaynabo cerca de Fort Buchanan y la otra se encontraba en el pueblo de Vega Alta. Ambas utilizaban el vidrio de las botellas recuperadas como materia prima, ambas compañías cerraron sus operaciones en la Isla en los años 2005 y 2007. Estas industrias cerraron operaciones debido a las nuevas tecnologías de envases de productos en botellas de plásticos y por la contaminación cruzada que existía respectivamente. No obstante, en el pueblo de San Sebastián existe una compañía que utiliza las botellas de vidrios recolectadas para la creación de bloques de construcción, en el año 2010 la planta recicló la cantidad de 2,491,612 libras de vidrio. La principal razón para el uso de las botellas como materia prima para los bloques es que la composición química de las botellas es bien similar a la composición química de la arena. La silicia es la materia

principal para la creación de las botellas y para la creación de los bloques, al triturar la botella queda arenosa como la sílica.

Justificación del estudio

En el 1960 se implementó en Puerto Rico el programa “Manos a la Obra” el cual era un programa de industrialización acelerada para mejorar la calidad de vida de los puertorriqueños dándole el poder adquisitivo de bienes de consumo. Aquí se comenzó con la construcción de viviendas lo cual provocó el aumento de desperdicios debido al aumento de la población (Rohena, 1969). A su vez hubo un gran crecimiento poblacional lo cual agudizó el problema de generación de desperdicios (Lanier, 2000). Algunos de los cambios que trajo el proyecto de Manos a la Obra en la industrialización fue el cambio de botellas de cristal que eran reusadas por las compañías pasteurizadoras de la leche, ya que antes las botellas de la leche eran de cristal y tenían 30 días de vida. Estas eran lavadas por las amas de casa y devueltas para ser utilizadas nuevamente. A partir de 1970 se comienza a utilizar el envase de cartón revestido de un polímero y luego se cambia a botellas de plástico para empacar la leche. Las botellas de bebidas carbonatadas también cambiaron la forma de empaque ya que antes se empacaban en botella de cristal y ahora se empacan en botellas plásticas.

En Puerto Rico se comenzó a dilucidar la forma de la disminución de los desperdicios sólidos de manera activa desde el 1970 cuando la JCA con la ADS comienza a desarrollar diversos planes para el manejo de los mismos. Estos planes se desarrollaron acorde con las regulaciones federales implementadas en el 1970 con la Ley de Aire Limpio, en el 1972 con la Ley de Agua Limpia y en el 1976 con el Subtítulo D de la Ley RCRA. El propósito principal de estas leyes es minimizar de forma efectiva los efectos

adversos de la contaminación de los desperdicios sólidos tanto para el ambiente como para la salud. Con el desarrollo de estos planes no solo se buscaba manejar adecuadamente los desperdicios sólidos de la isla, también se buscaba disminuir la crisis energética que había en el 1982.

Algunos de los planes desarrollados por el gobierno consistían de Plan de Manejo de Desperdicios Sólidos en el 1980 que luego fue enmendado en el 1982. Aunque se vislumbraba como un plan que podía ayudar a disminuir lo desperdicios sólidos y la generación energética, no se pudo implementar. En el 1990 se desarrolló el Plan Regional de Ubicación de facilidades, el cual creaba tres regiones de recuperación de energía y 17 con uso de sistemas de relleno sanitario, este no pudo realizarse. El 18 de septiembre de 1992 se firmó la Ley 70 para la reducción y el reciclaje de desperdicios sólidos el cual implementa diversas jerarquías para el manejo de los desperdicios como la reducción de la fuente, reciclaje de materiales, recuperación de energía y disposición final. En el 1995 se establece que para el 2006 se debe estar recuperando el 35% de estos desperdicios que se generan en la Isla, además de proveer incentivos económicos para que los municipios implementen el reciclaje. En el 1996 se aprobaron leyes más estrictas sobre el reciclaje de neumáticos y de aceite usado para evitar que estos lleguen a los sistemas de relleno sanitario y a los cuerpos de agua creando daño irreversible.

Los diferentes planes aprobados por ADS han tenido diversas dificultades en su ejecución ya que nunca se le han asignado los fondos necesarios. La implementación municipal de estos programas ha sido poco efectiva ya que no todos los municipios cuentan con el capital suficiente para llevarlos a cabo y además le falta el personal capacitado en el área del manejo de los desperdicios sólidos.

En el 2002 cerca de un 84% de los residuos municipales fueron depositados en la sistemas de disposición en el terreno y solo el 16% fueron reciclados o compostados. En el año 2007, la ADS realizó un estudio para saber qué tipo de material llegaba a los sistemas de relleno sanitario del cual se obtuvo los siguientes resultados: Se recibe aproximadamente un 19.5% de material vegetativo, 12.8% material orgánico, de plástico, metales y papeles se recibe un 10.5%, y de vidrio se recibe un aproximado de 2.4% (ADS, 2007).

El gobierno de Puerto Rico ha implementado varias medidas para la minimización de los desperdicios sólidos que llegan a estos sistemas. Una de las implementaciones más estricta son las regulaciones de desperdicios sólidos no peligrosos, esto corresponde al subtítulo D de RCRA. El objetivo principal de esta implementación es el establecer las pautas, requisitos y reglamentos para el manejo, transporte, almacenaje, procesamiento y disposición final de estos desperdicios. A su vez establece una serie de normas meritorias al momento del cierre de los sistemas de relleno sanitario el cual establece el seguimiento supervisado que este necesita a través del tiempo. El monitoreo del cierre de un sistema de relleno sanitario es de 30 años de duración. Además establece los criterios de seguridad que se tiene que tener con la propiedad y con el personal que trabaja en el área (JCA, 1997).

La importancia principal para hacer un plan de reciclaje de vidrio es que este material tiene un tiempo de descomposición de aproximadamente 500 años, puede ser reciclado innumerables veces porque no pierde sus propiedades y puede volver a pasar por el proceso térmico de su creación sin tener daños. Con el reciclaje de vidrio se pueden hacer diversos proyectos como lo son:

- Envases para laboratorios, aunque estos no pueden ser reciclados nuevamente.
- Envases para medicinas.
- Envases para refrescos carbonatados, productos destilados (ron), cervezas.
- Construcción de carreteras, aceras y la manufactura de bloques.
- Creación de nuevas industrias especializadas en el reciclaje de vidrio.
- Restauración de las playas.
- Protección de recursos naturales no renovables, como lo es la arena silicia.

Meta

Evaluar estrategias de manejo de vidrio existentes en Puerto Rico que sirva de base para desarrollar un plan de manejo para el reciclaje de vidrio.

Objetivos

- 1- Estimar y caracterizar la cantidad de botellas de cerveza de vidrio y licores que se generan en los negocios de venta de bebidas alcohólicas para evaluar el impacto de éste como desperdicio sólido en los vertederos.
- 2- Evaluar las alternativas de reciclaje de vidrio para determinar cuál es viable en el sector geográfico bajo estudio.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

Introducción

Para poder comprender lo que es el reciclaje y poder analizar y visualizar las leyes existentes para el mismo a nivel local y federal se necesita entender de manera precisa el área de reciclaje que se quiere estudiar. Escogí la cantidad de botellas de bebidas alcohólicas que se genera anualmente en los establecimientos de consumo en el área de Arecibo. Por falta de un plan de reciclaje, las botellas de vidrio son desechadas en los sistemas de relleno sanitario obviando que el tiempo de descomposición del vidrio es de unos 500 años aproximadamente, lo cual implica que la probabilidad de descomposición de este material es casi nulo.

Exponemos en este capítulo los aspectos claves en el proceso de reciclaje de vidrio así como las leyes estatales y federales. Además, analizamos aspectos relevantes con el propósito de poder integrar un plan de manejo efectivo. De esta manera esperamos poder minimizar la cantidad de vidrio que es depositado en los sistemas de relleno sanitario anualmente por el consumo de botella de bebidas alcohólicas en los negocios de venta en el área de Arecibo.

Reciclaje

Los desperdicios no son exclusivamente una pérdida importante de rentabilidad. Con una gestión adecuada los desperdicios pueden ser una forma de ingreso directo e indirecto. Los desperdicios sólidos reciclados ayudan a disminuir el costo de producción de nuevos artículos en el proceso de elaboración (Waste management recycling, 2006).

El reciclaje es una de las alternativas utilizadas para reducir el volumen de los desperdicios sólidos. Este proceso consiste en recuperar materiales con alto potencial; de ser reciclados y que son descartados y que pueden utilizarse para elaborar otros productos o el mismo. Ejemplos de materiales reciclables son vidrio, metal, plástico, papel y cartón. En Puerto Rico existen empresas en las que se recuperan y almacenan estos materiales para manufacturar productos reciclados (ADS, 2004). La tasa de material de desvío varía dependiendo de la ciudad estudiada. Esta a su vez consta en la reducción de la fuente, reciclaje, re-uso y las actividades de compostaje de los residuos sólidos. Su fin primordial es reducir su disposición final en los sistemas de relleno sanitario del país (ADS, 2007).

Algunos estudios realizados establecen guías básicas para la reducción de desperdicios, por lo cual es importante reconocer el desperdicio y las áreas que lo generan. Cuando reciclamos disminuimos la cantidad de dióxido de carbono que entra al ambiente. Los cambios climáticos que han ocurrido en el planeta son por la concentración de dióxido de carbono existente en la atmosfera. El efecto invernadero es el contribuyente a este cambio ya que no permite que los rayos solares puedan volver a salir de la atmosfera y hace que el calor en el planeta aumente. Con el manejo adecuado de los desperdicios sólidos se puede hacer que este efecto disminuya (Krzysztof & Krzysztof , 2010). Con la cantidad de vidrio que fue reciclado en Estados Unidos para el año 2008 se disminuyó la cantidad de 182 millones de toneladas de dióxido de carbono lo que equivale a la emisión de gases de 33 millones de vehículos en un año (EPA, 2009). El propósito es poder desviar ese desperdicio hacia un área donde este pueda ser recuperado de los sistemas de relleno sanitario para reciclaje y re-uso. Para tener un plan de reciclaje efectivo hay que forzar al cumplimiento de las leyes existentes y/o añadirles rigurosidad a

estas para que sea efectivo a largo plazo y sea obligatorio para todos los ciudadanos. Para poder mantener un buen porcentaje de reciclaje hay que enmendar las leyes existentes o crear algunas leyes nuevas que vayan dirigidas de manera más específica a ciertas áreas donde no se está considerando el reciclaje como una alternativa viable. Esto nos permitiría eliminar algunos productos en los sistemas de relleno sanitario. Hacer leyes más rigurosas nos permite tener acciones permanentes, lógicas y sistemáticas en el área del reciclaje. En la actualidad no hay ninguna ley específica para el reciclaje de vidrio. Es importante integrar este material con gran alto potencial de re-uso al reciclaje, la mayoría de este material llegan a los sistemas de relleno sanitario (Bates & Phillips, 2008). Es importante destacar que los beneficios más comunes del reciclaje son:

1. Ahorro en los costos de disposición de desperdicios.
2. Ahorro en la energía utilizada en la manufactura.
3. Prolonga la vida útil de los sistemas de rellenos sanitarios.
4. Creación de nuevos empleos.
5. Minimización de costos en las nuevas piezas de vidrio.

Proceso de reciclaje de vidrio

Cuando se lleva a cabo un proceso de reciclaje es necesario poder obtener un material de calidad al final del proceso. Este debe cumplir con los parámetros establecidos por el mercado y no debe tener contaminación, sobre todo si se vuelve a producir botellas para consumo de alimentos. Una de las maneras de poder obtener un producto de calidad es la clasificación por color de los envases, lo cual hace que el producto sea óptimo para poder generar nuevos envases que se pueden utilizar de forma adecuada. La contaminación en el proceso de reciclaje disminuye la calidad del producto

y aumenta los costos de producción. Existen varias fuentes de contaminación estas son: la mezcla de los colores de las botellas cuando se va a generar nuevas botellas para el consumo. Además, cuando se añaden productos que no son reciclables porque sus propiedades químicas no son iguales. Entre estos productos se encuentran: bombillas, platos de cerámica, espejos, material de cristal resistentes al calor, ventanas, anillas de metal de botellas de vino, vajillas, cerámicas, cristal de laboratorios y tapas de botellas de cerveza ya que al ser reciclados pueden crear burbujas, agrietarse o tener imperfecciones (Taylor & Francis, 2005).

Esto conlleva a que incremente el costo del reciclaje y minimiza el costo del producto reciclado. Existe un potencial riesgo a la salud de los empleados por exposiciones a enfermedades sin su conocimiento, daño al equipo de re-manufacturaación incluyendo la contaminación cruzada y la contaminación futura a otros lotes de material reciclado.

El vidrio es un material 100% reciclable, los envases de vidrio pueden ser recuperados aún cuando estén rotos o en pedazos. Con el reciclaje de vidrio se minimiza la utilización de recursos naturales no renovables como lo es la arena silíceo y la cual hace algunos años ha comenzado a escasear. En Puerto Rico ya no existen yacimientos de la arena silíceo por su explotación desmedida. Los manufactureros de envases de vidrio recuperan las botellas para lavarlas, triturarlas, y luego mezclarlas con arena silíceo, piedra caliza, carbonato de soda, sulfato de sodio y alúmina. Estos materiales se pesan y mezclan mediante un sistema computadorizado, se colocan en un horno donde se derriten a una temperatura de 2,800°F. La mezcla de vidrio derretido se vierte en moldes, y por medio de aire comprimido o presión, adquiere la forma de los mismos (Kaz'mina et al,

2009). Entre los procesos de reciclaje de vidrio se puede observar que hay diferentes cámaras de contención de materiales primos como una de material para ser reciclado. Estos materiales son puestos a unas temperaturas específicas para poder hacer los nuevos productos que pueden ser utilizados en diferentes cosas como lo es la producción de nuevas botellas de vidrio para los licores.

El vidrio reciclado tiene diversas utilidades como la creación de nuevos envases, donde la mezcla es igual para cada uno de los colores. La fibra de vidrio es la segunda forma más común de la utilización del vidrio reciclado debido a que tiene gran utilidad en insulaciones acústicas y termales. Además el vidrio reciclado se puede utilizar en la mezcla con asfalto para la pavimentación de la carretera ya que le añade dureza y durabilidad y es más costo efectivo que el asfalto, abaratando así los costos debido a que la cantidad de asfalto utilizado es menor. La mezcla de vidrio que se utiliza en la pavimentación no tiene que ser de un material de alta calidad ya que será mezclado. En la actualidad se está utilizando el vidrio para la manufactura de bloques para la construcción, además de ser utilizado en las autopistas para los reflectores y las señales que se encuentran en ella. Este material se está comercializando para la decoración de áreas, decoraciones de jardines, en piezas de mosaicos, topes de cocina, instalación de paredes y abrasivos (EPA, 2010).

La economía juega un impacto fuerte en el consumo y generación de desperdicios. La cantidad de desperdicios aumenta cuando hay una economía fuerte y disminuye cuando la economía merma (EPA, 2007). Con el propósito de conocer de manera más precisa la distribución de los desperdicios sólidos en la isla se hicieron estudios por agencias externas para ADS. En el 1993 la empresa Eco-futuro determinó

que en Puerto Rico se generaba la cantidad de 2,096,640 toneladas de desperdicios sólidos anuales en los 61 vertederos en operación en ese momento. En el año 2003 se contrató nuevamente una compañía externa para la determinación de la cantidad de materiales de desperdicios sólidos que se generan en el país encontrando la generación de 2,713,625 de toneladas anuales. Este estudio fue un poco más específico en las clasificaciones de los desperdicios incluyendo categorías que no se cuantificaron en el estudio anterior.

La cantidad de desperdicios generados de plásticos es 10%, de papel 10%, cartón 9%, metales 10%, residuos de jardinería 22%, materiales orgánicos 13%, residuos de construcción y demolición 17%, vidrio 2%, residuos caseros peligrosos 1% y otros 6%. Al finalizar el estudio se observó que la mayoría de los desperdicios depositados en los sistemas de relleno sanitario son de un reciclaje potencialmente alto y son dispuestos de la manera errónea. Además se encontró que en materiales como el papel, vidrio, materia orgánica y metales no ferrosos hubo una merma en su disposición y se encontró un aumento en materiales como cartón, material vegetativo y metales ferrosos. Para este estudio solo se encontraban en operación 31 sistemas de relleno sanitario en la Isla.

El aumento total de desperdicios generados cuando se comparan los dos estudios es de 69,200 toneladas anuales (Wehran, 2003). No se puede tener una política ambiental sin tener un cambio de estructura o cambio de organización para poner la política en acción (Pujari & Wright, 1996).

Los desperdicios sólidos municipales (MSW, por sus siglas en ingles), son reguladas por la ley RCRA. Los desperdicios sólidos municipales es basura corriente o desperdicio generado por hogares, industrias, oficinas comerciales e institucionales (EPA,

2007). En Estados Unidos se generan aproximadamente más de 200 millones de toneladas de MSW al año, lo que equivale a un promedio de 4.0 libras diarias por persona (EPA, 2008). Con el aumento significativo que hay de desperdicios la EPA ha intentado promover diferentes alternativas para viabilizar el reciclaje y el manejo de los residuos, entre sus propuestas se encuentra (EPA, 2008):

1. No generar residuos o utilizar los recipientes existentes. Esta es la alternativa que la EPA considera como la mejor opción porque ayuda a la reducción de la fuente principal de contaminación.
2. La reducción de reciclar o la producción de abono es otra de las maneras para la minimización de los residuos sólidos. Algunos de los materiales que tienen un mayor porcentaje de recuperación son el vidrio con un 100% de recuperación y uso, por ejemplo, de cada libra de vidrio que se recicle se obtiene una libra de vidrio, sin embargo, el papel, plástico y metal no tiene esta cualidad. Dentro de las alternativas para la minimización de los desperdicios es la educación a la población para que adquieran mercancía hecha de productos reciclados dado a que mientras más productos se reciclen menos materia prima de la naturaleza hay que sacar y se puede abaratar los costos de producción de los artículos.
3. La eliminación de los materiales que no son reciclables tienen que ser transportados a los sistemas de relleno sanitario o se puede utilizar el método de combustión de estos y la mejor opción de la combustión es la de recuperación de energía (EPA, 2008).

RCRA se estableció para el problema ambiental que cada año es mayor por el aumento poblacional y de consumerismo que nos aqueja como sociedad. Para poder

contribuir con la solución de la reducción de la cantidad de desperdicios sólidos es necesario que cada persona contribuya como sociedad aumentando la cantidad de material que es recuperado para el reciclaje. De esta manera podemos tener más espacio en los sistemas de relleno sanitario y no llenarlos con material que puede ser recuperado maximizando así el tiempo de vida de estos ya que no es tan fácil encontrar áreas con las características necesarias para poder hacer nuevos.

Con la cantidad y calidad del vidrio que es roto, la industria de la manufactura de reciclaje de vidrio ha aumentado activamente en las organizaciones tanto gubernamentales como locales. El vidrio es un material que puede ser fácilmente colectado ya que los establecimientos de venta y restaurantes lo usan a diario y generan una gran cantidad de material que puede ser reciclado. Se está buscando las alternativas de que estos lugares sean más proactivos en la recuperación del vidrio, para crear una nueva generación consciente de la importancia de la minimización de los desperdicios sólidos. La reducción desde la fuente incluye reducción en el peso, sustitución del material y la extensión de la vida del producto (Bhat, 1993).

Marco legal

Leyes federales

La EPA fue creada en 1970 con el objetivo de hacer leyes que regulen la protección ambiental en Estados Unidos y sus territorios. Previamente a la creación de esta Agencia ya se habían legislado leyes para la protección ambiental como lo es la Ley sobre Disposición de Desperdicios Sólidos (SWDA, por sus siglas en inglés), aprobada en 1965. El 21 de octubre de 1976 se aprueba la Ley de Conservación y Recuperación de Recursos (RCRA, por sus siglas en inglés) estableciendo un programa integral para la

reglamentación de los desperdicios sólidos a nivel del gobierno federal. El propósito principal de esta Ley es (EPA, 1997b):

- Proteger la salud y el medio ambiente del posible peligro de la disposición de desperdicios.
- La conservación de energía y recursos naturales.
- Reducir la cantidad de residuos generados.
- Asegurar que los desperdicios generados causen el menor daño al ambiente posible.

En el 1970 se creó la Ley de Aire Limpio (CAA por sus siglas en ingles), esta Ley busca regular las emisiones al aire de fuentes estacionarias tanto como móviles. Esta ley autoriza a EPA a establecer estándares para controlar la calidad de aire a nivel nacional, con el fin de proteger la salud pública de los ciudadanos. Los estándares establecidos bajo esta ley fueron estándares que algunos estados habían implementado y fueron beneficiosos para ellos. Esta ley fue enmendada en el 1977 y 1990 con el propósito de tener regulaciones más estrictas (EPA, 1970).

En el 1972 el Congreso de los Estados Unidos aprobó la Ley de Agua Limpia (CWA por sus siglas en ingles), el propósito primordial de esta ley es establecer criterios de calidad tanto en las aguas usadas como en agua limpia. Esta Ley establece la concentración de los diferentes materiales que se encuentran en las aguas y establece parámetros para su medida. Con esta ley se busca regular que los materiales que son depositados en las aguas usadas no excedan los parámetros permitidos para que estas puedan ser tratadas de la mejor manera y no afecte los cuerpos de aguas. Además

establece los parámetros de agua limpia para evitar contaminaciones excesivas (EPA 1972).

El subtítulo D de la ley RCRA, es la reglamentación de los desperdicios sólidos no peligrosos. Esta enmienda se enfoca en el gobierno federal y estatal para que estos tengan la obligación de planificar e implementar medidas que ayuden a la reducción de material descartado para ser reciclado. Para que los Estados puedan planificar sus estrategias la EPA le dará unas guías, regulaciones y políticas a seguir, esta información le será dada a través de talleres y publicaciones de la agencia. Los desperdicios sólidos que no logren ser recuperados para el re-uso serán depositados en los sistemas de relleno sanitario. Para poder mantener un control efectivo sobre estos la EPA promulgó las regulaciones para su diseño, manejo y cierre los cuales los municipios tienen que seguir. El subtítulo D incluye los MSW y los no peligrosos industriales (EPA, 1999).

Se establecen guías para el desarrollo de planes estratégicos en las regulaciones que manejan los desperdicios sólidos en el subtítulo D de RCRA en la 40 CFR 256 (Rohena, 2006):

- Conocer las responsabilidades en la implementación del plan, de las autoridades estatales, regionales y municipales.
- Establecer programas para la prohibición de vertederos abiertos ya sean nuevos o existentes y el cierre de los vertederos abiertos que no cumplan con los criterios necesarios para su operación.
- Establecer planes para fomentar el reciclaje y la recuperación de recursos.
- Asegurarse de que existe la capacidad adecuada para disponer de los desperdicios sólidos en una forma ambientalmente segura.

- Establecer programas acordes con las demás regulaciones ambientales.
- Asegurar la participación ciudadana en todos los procesos de la creación del plan.

El 40 CFR 257 ha establecido estándares de eficiencia en las siguientes áreas importantes (Rohena, 2006):

- Sección 257.3-1: Áreas inundables: Las facilidades en zonas inundables no pueden interferir con el flujo del agua en una inundación para evitar que represente un riesgo a la vida humana o silvestre, al terreno y a los recursos de agua.
- Sección 257.3-2: Esta sección prohíbe la ubicación de las facilidades en áreas donde se encuentren animales en peligro de extinción o especies amenazadas, para evitar afectar el hábitat de estas especies.
- Sección 257.3-5: Aplicación al terreno: La facilidad tendrá que cumplir con restricciones de concentraciones en cadmio y bifenilos policlorinados (PCBs) los cuales se encuentran en los cienos de las plantas de tratamiento.
- Sección 257.3-6: Enfermedades causadas por vectores: Se tiene que evitar la generación y propagación de plagas, como moscas, roedores. Para este propósito se tiene que cubrir diariamente los desperdicios sólidos recibidos.
- Sección 257.3-7: Contaminación del aire, prohíbe la quema a campo abierto, esta sección está acorde con la Ley de Aire Limpio.
- Sección 257.3-8: Seguridad: Se requiere un control del gas metano, producto de la descomposición de los desperdicios. Además, esta sección requiere el control de fuegos, control de las aves y control de acceso al público.

El 40 CFR 258 establece para los sistemas de relleno sanitario que reciben desperdicios no peligrosos, desperdicios sólidos industriales y desperdicio de construcción las siguientes regulaciones (Rohena, 2006) :

- Restricciones de localidad
- Recolectar el lixiviado en áreas específicas
- Practicas Operacionales
- Monitoreo de aguas subterráneas
- Requerimientos de clausura y post clausura
- Provisiones de acciones correctivas
- Seguridad económica

Leyes en Puerto Rico

En el 1980 se creó el Resource Recovery Act, el cual fue aprobado por la EPA, estableciendo una política pública sobre el reciclaje en Puerto Rico. Se recomendó un plan de incineración de los desperdicios sólidos para la generación de energía, cuya propuesta es la división de la isla en siete regiones donde algunas serán utilizadas para el tratamiento termal y otras utilizarían los sistemas de relleno sanitario. Este plan fue re-evaluado en el 1982 y 1986 el cual se enfatiza en siete plantas de recuperación de energía, estaciones de transbordo y desvío de materiales recuperables.

En el 1990 se preparó el plan regional de ubicación de facilidades recomendando la creación de 20 regiones de las cuales habrá tres con plantas para la recuperación de energía y las restantes 17 tendrán sistemas de relleno sanitario. Este plan es adoptado mediante la Orden Ejecutiva núm. 5060 del 24 de febrero de 1988. Esta orden ejecutiva

establece el manejo de los desperdicios sólidos en la isla y estimula a la reutilización, reducción y recuperación de los desperdicios. El plan no pudo ser implementado en su totalidad pero si dio ahínco a la recuperación de materiales que pueden ser reciclados. La Ley núm. 70 según enmendada del 18 de septiembre de 1992, estableció jerarquías para la reducción de los desperdicios sólidos (ADS, 1992).

La Ley Núm. 13 de 20 de enero de 1995, enmendó la Ley Núm. 70, antes citada, a fines de ampliar el Programa para la Reducción y el Reciclaje de Desperdicios Sólidos en Puerto Rico. Establece crear nuevos incentivos económicos para promover el reciclaje; especificar las responsabilidades de las agencias y municipios para desarrollar este y promover la reducción de desperdicios sólidos, la reutilización y separación en la fuente de materiales reciclables. Sin embargo, con el transcurrir del tiempo se ha demostrado que para lograr una implantación más efectiva de dicha ley es indispensable realizar las enmiendas que se describen a continuación (ADS, 1995).

La Ley 411 de 8 de octubre 2000 obligó al sector privado y público a adoptar y mantener los planes de reciclaje establecidos. Con esta Ley se busca reforzar el reciclaje del 35% de los desperdicios sólidos de la Isla. Además le exige a las agencias gubernamentales hacer informes a ADS sobre el progreso de los planes de reciclaje en cada municipio En Puerto Rico para poder implementar un plan de reciclaje que cubriera el área residencial se firma la Ley Núm. 61 el 10 de mayo de 2002. Se busca con la Ley crear las áreas de recuperación de material reciclable en los complejos de viviendas con el fin de disponer que en toda nueva obra de construcción de complejos de viviendas, pública o privada, ya sea de apartamentos y/o residencias, que se comience o efectúe a partir del primero de julio de 2003, se designe un área para la recuperación de material

reciclable. De esta manera las compañías dedicadas a la transportación de estos materiales hasta los centros de procesamiento y/o almacenamiento pueden recogerlos en las áreas destinadas (ADS, 2002). Para el 2 de septiembre de 2000 se aprobó la Ley Núm. 310 con el propósito de establecer la Ley para la Prevención de la Contaminación, a fin de declarar que será la política pública del Gobierno de Puerto Rico, que todo tipo de contaminación sea prevenida y reducida desde su origen; establecer que, de no poder prevenir la contaminación, se utilizará el re-uso y el reciclaje para evitar cualquier tipo de emisión al aire, descargas al agua y la inadecuada disposición al terreno y que la disposición al ambiente será el último recurso, conforme a las leyes y reglamentos aplicables (JCA, 2000).

Estudios basados en la cantidad de desperdicios sólidos desde 1960 hasta 2007 se puede visualizar el aumento significativo de 166 toneladas anuales de diferencia. Durante el transcurso de este tiempo ha aumentado en 54.7 toneladas la cantidad de desperdicios sólidos enviados a los sistemas de relleno sanitario. Aunque a partir del 1960 se ha comenzado un plan de reciclaje su aumento ha sido paulatino a través de las décadas de 1970, 1980, 1990 y 2000 pero se ha mantenido bastante constante desde el 2005 al 2007 en la parte de generación y de recuperación de materiales (EPA, 2007).

Estudio de caso

En Carolina del Norte en el condado de Orange comenzó en el 1992 una compañía de reciclaje de botellas y para el año fiscal del 2005 recogían 550 toneladas de botellas. En la actualidad 125 empresas participan de este programa. Según Rob Taylor, gerente del programa de reciclaje comentó que a raíz de este programa la cantidad de botellas con alto potencial de reciclaje son desviadas de los sistemas de relleno sanitario maximizando

su tiempo de vida útil. En esta área de Carolina del Norte el 95% de los negocios participan del programa de reciclaje incluyendo las áreas de complejos residenciales como lo son los apartamentos que tienen sus áreas para depositar materiales para ser reciclados (Cattaneo, 2006).

En el año 2002 en el condado de Fort Lauderdale se comenzó un programa para minimizar la erosión de las playas con la trituración de cristal y mezclarlo con la arena, esto pudo ser efectivo ya que el cristal tiene unas características físicas y químicas similares a las de la arena. Este programa fue implementado porque las playas de este condado se encuentran en constante erosión y se necesita rellenar anualmente 2.5 millones de yardas cubicas (12 millas de playa) (Foye, 2005).

Jeff Dahl de la compañía Rocky Mountains Bottle Company, la cual es una empresa pequeña independiente que se ha dado a la tarea de recuperar en Colorado Spring las botellas de cristal de color ámbar. También se recogen botellas verdes y transparentes pero su cantidad no es significativa en comparación con la cantidad total que se recoge de las de color ámbar. Ellos esperaban que esta iniciativa que comenzó en junio del año 2005 sea bien aceptada por las compañías locales. Para mayo 2006 se recogen en 30 bares y restaurantes del área la cantidad de 30 toneladas por mes. Más establecimientos tienen el deseo de participar en esta iniciativa de reciclaje (Cattaneo, 2006).

En Pasadena, California en el 2004 se implementó un plan piloto de reciclaje de botellas con la compañía Allan Co., donde se recogen las botellas en el centro de la ciudad. Este plan fue evaluado por un tiempo de seis meses para saber si era un programa efectivo. En el estado de Florida en el condado de Broward se procesan alrededor de 13,000 toneladas de cristal al año en las facilidades de recuperación de

materiales (MRF, por sus siglas en ingles). En este estado continua en aumento la cantidad de reciclaje que se hace (Cattaneo, 2006).

En Asia con el desarrollo económico y urbano se ha implementado planes para la reducción de desperdicios sólidos y materiales reciclables. Esta área tiene una generación per cápita promedio de 2.10 libras diarias. Se estima que el área urbanas tienen una generación de 760,000 toneladas diarias y que para el 2025 esta cantidad aumente a 1.8 millones diarios (World Bank, 1999). La mayoría de los países de Asia recolectan el vidrio, papel, metales y plástico. Algunos de estos países han implementado leyes para la disposición de desperdicios sólidos teniendo como objetivo principal reducir, reutilizar y reciclar.

En países como China no se puede determinar de forma precisa la cantidad de desperdicios que son generados por su alta densidad poblacional, se estima que tiene una generación per cápita de 2.65 libras diarias por persona (Fang, 1999). En Japón la generación es de 2.43 diarias por persona en los últimos años. A pesar de que la incineración tiene un costo mayor que la disposición en sistema de rellenos sanitario han tomado esta alternativa para el manejo de los desperdicios sólidos por la cantidad que se genera, en los últimos 10 años han incinerado 73-78% de los desperdicios generados. La parte que no es incinerada es reciclada o depositada en sistema de relleno sanitario. En el área de Asia los países que más reciclan el vidrio es Japón y la República de Corea (Atsushi, Yuichi, Yuko, Shinichi, Bulent, Jianxin & Thumrongrut, 2005).

En Europa varía de un 13% a un 39% lo que es el reciclaje y el compostaje. Sólo Austria, Dinamarca, Suecia, Suiza y Netherland alcanzaron un 30% de reciclaje y compostaje combinado (Cardinali, 2001). En Dinamarca la legislación requiere que todos

los contenedores para las cervezas y refrescos tienen que ser reusables. En Alemania se les da a los consumidores el derecho para dejar el empaque vacío en las tiendas donde fueron comprados (Grilli, 1993).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

Introducción

Este capítulo estipula los pasos y el procedimiento utilizado para la evaluación del plan de manejo existente conferido para el reciclaje, según lo establece el reglamento de la ADS. Para poder proponer mejoras al plan de manejo existente utilizamos documentos adquiridos de las agencias gubernamentales e información obtenida de inventarios de negocios de consumo de bebidas alcohólicas en el municipio de Arecibo. El estudio de la cantidad de botellas generadas en los establecimientos de consumo de bebidas alcohólicas lo llevamos a cabo entre los meses de enero a marzo de 2011. Este estudio lo desarrollamos con el propósito de conocer de manera cuantitativa el número de botellas que se generan en el área urbana y rural en el Municipio.

Selección del área de estudio

Efectuamos un estudio cuantitativo de las botellas de vidrio que se generan en los negocios de ventas de bebidas alcohólicas en el municipio de Arecibo. El total de establecimientos registrados para la venta de bebidas alcohólicas es de 70, del cual hicimos un muestreo aleatorio simple para seleccionar la misma cantidad de establecimientos en área rural y área urbana. El inventario de generación de botellas de vidrio incluyó 15 establecimientos de consumo de bebidas alcohólicas del área rural y 15 del área urbana, lo cual equivale al 40% del total de establecimientos de ventas de bebidas alcohólicas.

Variables del inventario

El inventario incluyo las variables: cantidad de botellas generadas por color y frecuencia de compra de la mercancía (Apéndice 1).

Evaluación de alternativas de reciclaje

Para evaluar las alternativas de reciclaje de vidrio, buscamos información de las compañías que utilizan el vidrio como materia prima para la producción de bloques, artesanía y topes de cocina. Evaluamos el caso del municipio de Guaynabo para estudiar las ganancias producidas mediante el reciclaje. Evaluamos la costo efectividad del uso de las botellas de vidrio en la fabricación de sus productos.

Análisis de resultados

Al obtener los inventarios, dividimos los datos por área rural y área urbana. Tabulamos el número de botellas por color por área para hacer un estimado de la cantidad de botellas generadas en la muestra. Para poder extrapolar la cantidad de botellas que se generan aproximadamente en el municipio, utilizamos el promedio de cada área. Al finalizar todos los inventarios

1. Clasificamos de forma estadística qué cantidad de las botellas son despachadas por colores en los establecimientos.
2. Analizamos la manera de poder extrapolar esos resultados a la cantidad de negocios existentes en el Municipio.
3. Pesamos las botellas de cervezas y licor para poder conocer la cantidad de vidrio generado en el municipio. Luego de analizar la cantidad de botellas generadas

mensualmente se extrapoló para poder tener una idea general de la cantidad de libras que se generan en el municipio anualmente.

4. Analizamos si es viable en términos económicos la utilización de botellas de vidrio para la creación de bloques para construcción.
5. Evaluamos qué otros métodos de reciclaje de vidrio pueden ser implantados en Puerto Rico y la viabilidad de estos.
6. Evaluamos las estrategias de manejo de vidrio existentes en Puerto Rico, Estados Unidos y Europa que sirvan de base para desarrollar un plan de manejo para el reciclaje de vidrio.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el objetivo de conocer de manera general la cantidad de botellas de licor y cervezas generadas en el municipio de Arecibo, obtuve información en los comercios que venden bebidas alcohólicas. Para obtener la información escogí de forma aleatoria centros de venta en el área rural y área urbana de este municipio. Un total de 15 negocios fueron evaluados en cada área. La evaluación consistió en recopilar información sobre el número de botellas de cerveza y licor que cada centro genera por mes y el color de estas también fue evaluado (Apéndice 1). Durante el análisis pude determinar de manera más precisa por qué hay diferencias contundentes en algunas áreas como son las botellas de licor y botellas de cerveza de color ámbar y transparente. Luego del estudio encontré que el área urbana generó la cantidad de 337,908 botellas de bebidas alcohólicas a diferencia del área rural que generó la cantidad de 209,016 botellas de bebidas alcohólicas anualmente, esto se hizo en un análisis aproximado. Con esta información grafiqué que el área rural vende el 37.72 % de la botellas generadas mientras que el área urbana vende el 62.38% del total de las botellas (Figura 1).

Análisis de botellas de cerveza

Cuando evalué los colores de las botellas para su segregación determiné que las botellas más generadas son las de color verde, el monto total de estas botellas son 337,536 aproximadamente. El área urbana vendió el 63.48% de esta botellas mientras que el área rural vendió el 36.52% de estas (Figura 2).

Al analizar de las botellas de color ámbar en las áreas urbanas y rurales, en las cuales se generó la cantidad de 139,390 anualmente, encontré que el área urbana vendió el 67.77% de estas botellas mientras que el área rural vendió el 32.23% de estas. La diferencia estriba en que las marcas de cerveza que son empacadas en botellas de color ámbar son más vendidas en el área urbana, el área rural vende estas marcas en latas en su mayoría (Figura 3).

En el análisis de las botellas de color transparente en las áreas urbanas y rurales, la cantidad de botellas generadas anualmente es de 43,776. Evidenció que el área urbana vendió el 55.92% de estas botellas mientras que el área rural vendió el 44.08% de estas. La marca de cerveza empacada en botella transparente no es una de las cervezas más populares, por lo que su consumo es menor entre los clientes (Figura 4).

Análisis de botellas de licor

En el análisis de las botellas de licor en las áreas urbanas y rurales encontré que el área urbana vendió el 35.44% de estas botellas mientras que el área rural vendió el 64.56% de estas. La cantidad de botellas generadas anualmente es de 33,348 aproximadamente (Figura 5). Esta diferencia surge porque en el área rural se venden canecas de ron, las cuales no se venden en las áreas urbanas, debido a que esta área suele vender más tragos en vasos que canecas para ser llevadas. Las canecas vendidas en el área rural son aproximadamente del 65% de la cantidad de botellas generadas.

Luego de analizar la cantidad de botellas generadas por color se cuantificó el peso de las botellas para poder tener una idea más exacta de la cantidad de vidrio que es depositado en los vertederos. Para cuantificar la cantidad de vidrio generado utilizamos la

siguiente fórmula $(a*b*c*d)/e$, donde $a =$ es la suma de la cantidad de botellas por color generadas, $b =$ peso en onzas, $c =$ es la constante 12 por los 12 meses del año, $d =$ es la constante 2.5 para extrapolar la cantidad total de negocios en el municipio, $e =$ es la constante 16 para cambiar las onzas a libras. Al extrapolar la cantidad de libras generadas en los 70 negocios de ventas de bebidas alcohólicas en el municipio nos daría la cantidad de 562,775 libras anuales, y la cantidad de botellas generadas sería de 546,924 (Tabla 1).

Alternativas de reciclaje

Algunas de las alternativas para el reciclaje de vidrio de botellas de bebidas alcohólicas que pueden ser analizadas como viables en Puerto Rico es la re-manufacturación de botellas, la producción de bloques de concretos para la construcción de viviendas, para la creación de topes de cocina y la creación de artesanías.

En Puerto Rico la alternativa de recuperación de botellas para una nueva generación de las mismas es poco probable, debido a que en el país solo se envasa una sola marca de cerveza y el color de su botella no es el más utilizado. Solo hay dos marcas de licor, que se producen en Puerto Rico, de los cuales no todas las botellas de estas marcas de licor pueden ser recicladas porque no todas son transparentes. El vidrio también puede ser utilizado en la construcción de artesanías y en topes de cocina. La cantidad de vidrio utilizado en las artesanías es muy poco, por lo que constituye un desvío mínimo de los sistemas de relleno sanitario. En la construcción de topes de cocina la utilización de este material reciclado es mayor y al ser destinado a este se puede disminuir el uso de recursos no renovables.

En Puerto Rico existe solo una compañía generadora de bloques que utiliza botellas de vidrio en la manufactura de estos bloques de construcción y ornamentales. La

producción de bloques con botellas de vidrio es una alternativa viable, debido a que la mayoría de las casas que se construyen en el país son de concreto y el bloque se vuelve prioritario.

Cada bloque elaborado contiene alrededor de 10% de vidrio en la mezcla de cemento. Cuando la cantidad de vidrio en la mezcla aumenta la dureza del bloque disminuye, en esta elaboración el vidrio queda en pedazos pequeños y no de forma arenosa. Con esta técnica de reciclaje no se podría hacer un bloque solo de vidrio reciclado. Las máquinas hacen la mezcla de cemento de forma automatizada y controla la humedad que va a tener la mezcla. Las piedras que se mezclan con las botellas en este proceso son adquiridas en una cantera, lo cual hace que la cantidad de agua que necesita la mezcla varíe, la máquina de hacer bloques hace 6 bloques cada 7.5 segundos. Los bloques tienen que pasar una prueba de presión para garantizar la calidad del producto, estos tienen que tener una fuerza de compresión de 650-800 psi, la compresión de los bloques de esta compañía es de 1800 psi. Las botellas utilizadas en esta compañía son proporcionadas de manera gratuita por compañías como IFCO Recycling en Caguas, Reciclaje del Norte en Arecibo, Waldemar Recycling en Isabela y algunos Municipios de la Isla. Esta compañía comenzó a reciclar el vidrio en el año 2007. Ese año la cantidad de vidrio reciclado fue de 4,996,826 libras, sin embargo, para el año 2010 solo se recicló la cantidad de 2,491,612. Esto evidencia que ha habido una merma de la cantidad de vidrio que se recicla (Pérez,. 2011).

En la evaluación del manejo de vidrio en el Municipio de Guaynabo, Asia y Europa pude observar que el reciclaje en todas estas áreas es una de gran relevancia.

Cada región le da énfasis a la importancia del proceso y cada uno busca la manera de controlar los desperdicios según su generación.

El municipio de Guaynabo, es el pueblo de Puerto Rico que mas recicla. Este municipio genera 1,748 toneladas de desperdicios sólidos diariamente, con una generación promedio de 5.5 libras por habitante por día. El programa de reciclaje comenzó en mayo 2003, para lograr un reciclaje de toda la ciudadanía aprobaron la ordenanza municipal 151 la cual hace compulsorio el reciclaje. Se hizo una campaña de orientación y educación en todo el Municipio, además de darle el recipiente de reciclaje a cada residente del municipio para ser utilizado. Se establecieron 35 rutas que recogen los productos para ser reciclados una vez por semana en las residencias. Este plan tiene ocho camiones de reciclajes y 24 empleados dedicados solo para este propósito, además de recoger semanalmente chatarra y material vegetativo.

El programa de reciclaje del municipio tiene un costo aproximado de \$4,366,538 anual, este costo incluye los empleados, planta de reciclaje, publicidad, recipientes de reciclaje además de gastos y compra de los vehículos. Para el año 2009 el Municipio recicló 5,000.57 toneladas anuales, además generó por concepto de venta de material la cantidad de \$615,512.25. En el mismo año los condominios y negocios obtuvieron una ganancia de \$317,112 para el año fiscal 2009-2010. Los desperdicios recogidos van a la planta de reciclaje y transbordo ubicada en el municipio de Guaynabo y luego de ser vendidas son trasladadas a compañía manufactureras. La cantidad de vidrio que es recuperado no es cuantificado pero este es llevado a la planta de la Compañía IFCO en el municipio de Caguas (municipio de Guaynabo, 2010).

Desarrollamos un plan de manejo preliminar para el recogido de los desperdicios sólidos en el Municipio de Arecibo, en el cual se tomó en consideración el plan de reciclaje que existe actualmente y se buscaron alternativas para el mejoramiento de éste. Para poder determinar la manera más apropiada de manejar el vidrio para ser reciclado es necesario saber la cantidad de vidrio que se va a manejar. Existen estudios en los que se establecen unos pasos básicos para la reducción de desperdicios. Debe incluir reconocer el desperdicio en donde se evalúan diferentes áreas para localizar desperdicios actuales o potenciales y luego se analiza y determina la verdadera causa que genera los desperdicios. Se debe crear un plan de acción correctivo que busque acciones que sean factibles económicamente (Bates & Phillips, 2008).

CAPÍTULO V

RECOMENDACIONES

La importancia de las actitudes en el manejo de los desperdicios se identifica como el cambio en actitud en lugar del cambio en tecnología (Kulatunga et al., 2006). Para poder implementar efectivamente un plan de manejo de desperdicios sólidos es indispensable que la ciudadanía participe activamente. Hay que educar las personas de la manera correcta para que ellos entiendan que son parte de la solución de este problema ya que no todo se le puede dejar a las agencias de gobierno. La educación ambiental es vital para alcanzar un nivel general de conciencia y para movilizar la opinión pública (Alhumoud & Al-Kandari, 2008). La conciencia ambiental y la educación contribuyen con la construcción del conocimiento y el reconocer nuestros límites para crecer. La educación ambiental es un medio de medir, a largo plazo, qué puede llegar a cambiar el consumo y los estilos de vida hacia la preferencia de productos que son de menor recurso y más de labor intensa (Gutberlet, 2000). Además de la importancia de educar a la ciudadanía a comprar y utilizar materiales reciclados.

El reciclaje es una parte importante del manejo de los desperdicios sólido. Este es complementario a la reducción de la fuente, combustión, manejo de los sistemas de relleno. El reciclaje es la mejor alternativa para disminuir los riesgos potenciales a la salud humana y el medio ambiente. Con la disminución de materiales reciclables en los vertederos se ayuda a extender el tiempo de existencia de los recursos naturales no renovables (EPA 1997).

A través del estudio realizado pude llegar a la conclusión que el vidrio es un material muy utilizado y es rechazado para la creación de nuevos productos. La reducción, es la prioridad para un manejo de desperdicio sostenible envolviendo la reducción o minimización en la fuente. El re-uso consiste en poner objetos o materiales nuevamente en uso para que no regresen al flujo de desperdicios. La recuperación de los desperdicios que incorpora el reciclaje, composta y la disposición, es la opción menos atractiva usualmente en vertederos o incineración para el manejo de desperdicios (Bates & Phillips, 1998). Hay que establecer un plan para la recolección de estas botellas en los centros de consumo de bebidas alcohólicas en municipio de Arecibo y que éstas puedan ser llevadas a una planta para su reciclaje. Aunque el Municipio había comenzado a recolectar las botellas este plan fue interrumpido, porque la compañía que estaba contratada para su disposición cerró operaciones por contaminación en el proceso de reciclaje.

Para poder tener un plan efectivo es necesario que este sea obligatorio, para que los ciudadanos entiendan que el reciclaje es necesario o una imposición sin razón del municipio. Hay que modificar las leyes municipales para poder motivar a los ciudadanos a reciclar. Se tendría que hacer una legislación municipal para que se pueda incluir dentro de las ordenanzas municipales que sea obligatorio el reciclaje y que las personas al no reciclar tengan multas por no cumplir la ordenanza. Estipular además, de reciclar a los negocios de ventas de bebidas alcohólicas y a los condominios del área, cobrándole por el recogido de los desperdicios para poder hacer un plan de reciclaje autosuficiente y que cada vez necesite menos dinero de las arcas municipales. En el municipio de Arecibo se

está construyendo una planta para hacer bloques la cual utilizará botellas de vidrio como parte de la materia prima.

Plan de manejo

Determiné hacer un plan de manejo de vidrio porque se visualizó la cantidad de este material que llega a los vertederos en gran cantidad y es una materia que podemos utilizar para hacer nuevos productos ya que es reciclable al 100%. Este material al ser molido queda como arena, el cual es su materia prima más dominante, por lo que te ofrece alternativas para su uso, como por ejemplo; ser utilizado para los bloques de construcción y en la pavimentación de las carreteras.

Para la creación de un plan de manejo de vidrio hay que tomar en consideración varios aspectos en el desarrollo. Aumentar la concientización de las reglamentaciones es parte vital buscando cambiar las actitudes de la gente y su comportamiento hacia el manejo de los desperdicios. Debemos reforzar en la gente el minimizar el desperdicio que ellos mismos producen (Darby & Jenkins, 2006). Para que haya una razón de recuperación mayor, se debe tener voluntad para hacerlo, educación efectiva, facilidades accesibles, mercados para el material y manejo integrado para aquel desperdicio que no es reciclado (Cardinali, 2001). El plan tiene que ser dividido en diferentes áreas para poder desarrollarlo de manera adecuada.

- Educación e implementación

La educación sobre el reciclaje debe comenzarse a temprana edad, los niños pequeños son pequeñas esponjas de aprendizaje. La información en la fuente, tipo, composición y la calidad del desperdicio sólido es esencial para el diseño y la operación de un sistema de manejo de desperdicios (Nasrabadi, Hoveidi,

Bidhendi, Yavari, Mohammadnejad, 2008). Si educamos a las generaciones que se están desarrollando se comenzará a ver al reciclaje como un estilo de vida y no como una situación ocasional. Una vez se refuerza la conciencia se debe incentivar la participación de los niños en el área elemental utilizando competencias.

Cuando se educa a la comunidad en general sobre el reciclaje hay que hablarle en un lenguaje sencillo pero preciso. Se deben definir aquellos conceptos simples como lo son: basura, naturaleza, reciclaje, re-uso, reducción, vertederos, vertederos clandestinos, recursos naturales, ambiente y otros. Además se debe orientar a las personas de la importancia que tienen nuestros recursos naturales y distinguírle entre renovables y no renovables. Con la ayuda de material audiovisual explicar los diferentes conceptos, a su vez se debe tomar en consideración la participación ciudadana del área y escuchando sus preocupaciones y buscar una manera de solución conjunta siempre llegando al fin primordial que es el aumento de reciclaje del área. La integración de la comunidad tiene que ser de manera efectiva para que sea una que se extienda a largo plazo y los residentes lo hagan un estilo de vida en conjunto (ADS, 2005). La educación ambiental contribuye con la construcción del conocimiento a través de toda la organización y es importante que se pueda reconocer sus límites (Gutberlet, 2000).

Con la legislación de una ordenanza Municipal enfatiza la obligación de los residentes a reciclar. Como parte de esta ordenanza el municipio podrá implementar multas a los residentes y comerciantes que no reciclen, las multas

serán de \$100.00 para los residentes y \$500.00 para los comerciantes. La persona multada tendrá un término de 30 días para el pago de ésta, de no efectuar el pago se acudirá a los tribunales para que ésta sea pagada.

- **Recogido**

Cuando se desarrolla un plan de manejo de recogido de desperdicios sólidos hay que buscar la manera de maximizar los recursos humanos y de flota para poder abaratar los costos del servicio. Con la fórmula $y = a + b + n(c1 + c2 + d) - c2 + e + f + g$, donde y = el tiempo total del trabajo, a = tiempo en garaje, b = tiempo en ruta, recolección de los desperdicios, $c1$ = tiempo fuera de la ruta en las áreas de manejo de los desperdicios (estaciones de transbordo, vertederos), $c2$ = tiempo que toma desde dejar los desperdicios y regresar a la ruta, d = tiempo de estar en la instalación para descargar el vehículo, así como cualquier otro momento que se encuentren en las instalaciones, e = tiempo de ruta para llegar al garaje, f = tiempo de descanso, g = almuerzo, n = número de viajes en el día (Lanier,2000). Con la utilización de esta fórmula se puede tener de manera más clara la cantidad de personal y vehículo necesario para el recogido del material a ser reciclado, los vehículos utilizados para el reciclaje tienen que ser exclusivos para este propósito. Cada camión tendrá una ruta diaria para recogido, ninguna de las rutas pueden estar solapadas para maximizar el uso del camión. Los desperdicios a reciclarse serán recogidos semanalmente en las residencias ya que este será recogido casa por casa. Este material debe ser llevado a la estación de transbordo para poder ser enviado a una planta de reciclaje o plantas de segregación de los desperdicios. De haber algún material que pueda ser desviado

a compañías de disposición final será enviado desde este punto el material de interés.

Algunas de las opciones existen para que los ciudadanos puedan disponer efectivamente de estos materiales reciclables son:

- Centros de Depósito Comunitario
 - Programa de Bolsas Azules
 - Programa de Reciclaje Escolar
 - Programa de Reciclaje en Agencias de Gobierno e Industrias
-
- Seguridad empleados

A los empleados del área de reciclaje hay que proporcionarle un equipo de protección personal, este será determinado de acuerdo con el área de trabajo de cada empleado. Los empleados que recogen los desperdicios sólidos en las residencias y los del centro de acopio tendrán como equipo personal zapatos de seguridad, gafas de seguridad y guantes. Este equipo tiene que ser utilizado en todo momento del recogido de los desperdicios sólidos por las residencias. La única peligrosidad del cristal recolectado para el reciclaje es que puede ser cortante, este material bajo condiciones normales no debe ser peligroso en su manejo. Los equipos de seguridad personal de los empleados tienen que ser provisto por el municipio y debe ser cambiado cada año.

- Centro de acopio

Se determinará un área de transbordo en el Municipio para almacenar el material recopilado el cual luego podrá ser llevado a plantas para su disposición final. Estos centros de acopio contarán con personal para la segregación manual de la basura además de contar con máquinas que ayudarán en el proceso de segregación. Este centro de acopio también servirá como estación de transbordo para que los materiales recuperados puedan ser enviados a diferentes lugares para ser procesados nuevamente. Estas estaciones de transbordo deberán tener un control en la cantidad de material que tengan en la localidad y ese material tendrá que ser sacado en un tiempo máximo de una semana. Esto será para evitar la propagación de roedores, insectos, pestilencia y minimizar la presencia de lixiviados en el área que puedan contaminar cuerpos de agua cerca del área. Estos centros estarán clasificados por áreas para evitar que se mezclen los materiales nuevamente.

- Venta y compra de material

El material recuperado será vendido a industrias que reciclen cada uno de ellos. Sin embargo, los negocios y condominios privados pagarán por el recogido de los desperdicios a \$8.00 la yarda, los contenedores donde se recogerá los desperdicios tienen una medida de yarda, esta se cobrará hasta donde los desperdicios marquen el contenedor. La medida de cada yarda está en los contenedores de desperdicios que se la da a cada una de estas instituciones. Con la venta de estos materiales se podrá generar dinero para hacer que el programa de reciclaje sea autosuficiente.

El material recuperado será utilizado en de bloques de concreto para la construcción, para la mezcla de pavimentación de carreteras o para la creación de cristalería decorativa. Este vidrio reciclado, si es utilizado para la construcción de cristalería decorativa o para la creación de nuevas botellas de bebidas, tiene que estar libre de contaminación. Además debe tener una segregación cuidadosa porque la mezcla de los diferentes colores disminuye la calidad del producto, por lo que disminuye su valor.

Conclusión

Es importante mencionar que el reciclaje de los desperdicios es un indicador prominente de la sustentabilidad ambiental en perseguir el desarrollo sostenible. Por lo cual esto incluye el informar bien, ofrecer una educación ambiental de calidad y buenas actitudes además de una fuerte promoción (Tsai, 2007). No se puede tener una política ambiental sin tener un cambio de estructura o cambio de organización para poner la política en acción (Pujari & Wright, 1996). Aunque el tema analizado en la tesis es el vidrio el programa de reciclaje que se genere en el Municipio tiene que incluir todos los materiales de forma exhaustiva.

El Municipio tiene un plan de reciclaje implementado que no es funcional porque las personas encargadas del recogido son agencias externas lo cual aumenta los costos operacionales de este. Cabe destacar que el municipio de Guaynabo, Asia, Europa y Estados Unidos reciclan el vidrio aunque los planes de manejo no son contundente en el que se pueda observar hacia dónde va dirigido el material. En el estado de Colorado se recolectan las botellas de vidrio color ámbar y se utilizan para la creación de nuevas

botellas para el consumo, ya que en ese estado hay una de las compañías cerveceras más grandes. Es necesario fomentar el reciclaje porque como hemos visto el vidrio tiene una dureza extraordinaria y puede ser funcional su reciclaje en diversas áreas como lo es la re-manufacturación de nuevas botellas, para disminuir la erosión de las playas, para la construcción de bloques de concreto y para artesanías.

Algunas de las limitaciones encontradas en el estudio son:

- Poca cooperación de las compañías distribuidoras de cervezas en Puerto Rico.
- Poca receptividad e información del personal de área de reciclaje y ornato en el municipio de Arecibo.
- El estudio solo fue limitado a los centros de ventas de las bebidas alcohólicas cuando el problema del vidrio es mucho mayor, la cantidad de envases de comida de beber y otros productos también generan una cantidad significativa de este material.

LITERATURA CITADA

- Autoridad de Desperdicios Sólidos. (1992). *Ley núm. 70. Ley para la Reducción y Reciclaje de los Desperdicios Sólidos en Puerto Rico*. 92 LPRA 70.
- Autoridad de Desperdicios Sólidos. (1995a). *Plan regional de infraestructura para el reciclaje y disposición de los desperdicios de Puerto Rico*.
- Autoridad de Desperdicios Sólidos. (1995b). *Ley núm. 13. Ley para la Reducción y Reciclaje de los Desperdicios Sólidos en Puerto Rico*. 95 LPRA 13.
- Autoridad de Desperdicios Sólidos. (1996). *Ley núm. 171. Ley de reciclaje de gomas*. 1996 LPRA 171.
- Autoridad de Desperdicios Sólidos. (1996). *Ley núm. 172. Ley de manejo adecuado de aceites usados*. 1996 LPRA 172.
- Autoridad de Desperdicios Sólidos. (2000). *Ley núm. 411 Ley de reducción y recuperación de desperdicios sólidos*, según enmendada, 2000 LPR 411.
- Autoridad de Desperdicios Sólidos. (2002). *Ley núm. 61. Ley para Crear las Áreas de Recuperación de Material Reciclable en los Complejos de Viviendas*. 2002 LPRA 61.
- Autoridad de Desperdicios Sólidos. (2004). *Plan estratégico para el manejo de los residuos sólidos en Puerto Rico*.
- Autoridad de Desperdicios Sólidos. (2007). *Tasas de reciclaje y tasas de desvíos, informe final*.
- Autoridad de Desperdicios Sólidos. (2008). *Itinerario Dinámico para proyectos de infraestructura*. Documento de Política Pública.
- Alhumoud, JM. & Al-Kandari, FA. (2008). Analysis and overview of industrial solid waste management in Kuwait. *Management of Environmental Quality: An International Journal* 19: 520-532.
- Atsushi, T., Yuichi, M., Yuko S.Y., Shinichi, S., Bulent, I., Jianxin, Y. &Thumrongrut, M. (2005). Waste management and recycling in Asia international review for environmental strategies Vol. 5, No. 2, pp. 477 – 498.
- Bhat, V. (1993). Green Marketing Begins with Green Design. *Journal of Business & Industrial Marketing* 8: 26-31.

- Bate, MP. & Phillips, PS. (2008). Minimization in the food and drink industry. *Nutrition and food service* 6: 330-334.
- Cardinali, R. (2001). Waste management: A missing element in strategic planning. *WorkStudy* 50: 197-201.
- Cattaneo, J. (2006). I'll drink to that bars and restaurants pitch in to improve glass recycling. *Waste age* 20-21.
- Cooper, J. (1999). Waste Management. *Taylor & Francis Group LCC*. Chapter 43.
- Darby, L. & Jenkins, H. (2006). Applying sustainability indicators to the social enterprise business model. The development and applications of an indicator set for Newport Wastesavers. *International Journal of Social Economics* 33: 411-431.
- Environmental Protection Agency (US). (1970). *Clean Air Act* 42 U.S.C. §7401 et seq.
- Environmental Protection Agency (US). (1972). *Clean Water Act* 33 U.S.C. §1251 et seq.
- Environmental Protection Agency (US). Resource Conservation and Recovery Act 42 U.S.C. §6901 et seq. (1976).
- Environmental Protection Agency (US). (1997a). *Recycling A Guide for State and Local Governments*. Report number EPA 530-R-97-011.
- Environmental Protection Agency (US). (1997b). *RCRA, Reduciendo el riesgo de residuo*. Report number EPA 530-K-97_004S.
- Environmental Protection Agency (US). (2007). *Municipal Solid Waste in the United State Facts and Figure*. Report number EPA 530-R-08-010.
- Environmental Protection Agency (US). (2008). *Municipal Solid Waste: Glass*. Recuperado de <http://www.epa.gov/osw/conservation/materials/glass.htm>.
- Environmental Protection Agency (US). (2009). *Municipal Solid Waste Generation, Recycling and Figures for 2008*. Report Number EPA-530-F-009-021.
- Environmental Protection Agency (US). (2010). *Secondary Glass Material*.
- Fang, L. (1999). Current situation and countermeasures of municipal solid waste in China, *Science Daily*, December, 1st.
- Grilli, F. (1993). To be or not to be recyclable? An examination of the proposal for an EC directive on packing and packaging waste. *British Food Journal* 95: 25-38.

- Gutberlet, J. (2000). Sustainability a new paradigm for industrial production. *International Journal in Higher Education 1*: 225-236.
- Lanier, H. (2003). American alchemy: the history of solid waste. *Management in the United State*. ed. Forester Press: Santa Bárbara, California;2003.
- Junta de Calidad Ambiental. (1997). *Reglamento para el manejo de desperdicios sólidos no peligrosos*. Recuperado de <http://www.gobierno.pr/NR/rdonlyres/2D37EF80-3560-4421-876A-4194479651BC/0/ControlDesperdiciosSolidosNoPeligrosos.pdf>.
- Junta de Calidad Ambiental. (2000). *Ley núm.310. Ley para la prevención de la contaminación*. 2000 LPRA 310
- Junta de Calidad Ambiental. (2006). *Informe sobre el estado y condición del ambiente en Puerto Rico*. Recuperado de http://www.gobierno.pr/JCA/Biblioteca/Publicaciones/Informe_Ambiental_2006_Pag_01.htm
- Kaz'mina O. V., Vereshchagin V. I., Abiyaka A. N., Mukhortova A. V., & Popletneva Yu. V. (2009). Temperature Regimes for Obtaining Granular Material for Foamed Crystal Glass Materials as a Funtion of the Batch Composition. Vol. 66, Nos. 5 – 6.
- Kulatunga, U., Amaratunga, D. & Haigh, R. (2006). Attitudes and perceptions of construction workplace on construction waste in Sri Lanka. *Management of Environmental Quality: An International Journal 17*: 57-72.
- Kahirulzan, Y. & Boussbaine, AH. (2006). Eco-Costing of construction waste management of environmental quality: *An international Journal 17*:6-19.
- Krzysztof Pikon & Krzysztof Gaska. (2010). Greenhouse gas emission mitigation relevant to change in municipal solid waste management system. *Journal of the Air & Waste Management Association 60*: 782-788.
- Municipio de Guaynabo. (2010). Folleto: *El reciclaje: procesos, ventajas y beneficios*.
- Nasrabadi, T., Hoveidi, H., Bidhendi, GN., Yavari, AR. & Mohammadnejad, S. (2008). Evaluating Citizen Attitudes and Participation in Solid Waste Management in Tehran, Iran. *Journal of Environmental Health 71*: 30-33.
- Pete Foye. (2005). Beach in the bottle. *Waste Age July 2010*: 20-22.
- Pérez, A. (2011). Gerente comercial La Pino. Entrevista 10 de marzo de 2011

- Pujari, D. & Wright, G. (1996). Developing environmentally conscious product strategies: A qualitative study of selective companies in Germany and Britain. *Marketing Intelligence* 14: 19-28.
- Rohena, S. (1969). *Problema de los desperdicios sólidos en Puerto Rico*.
- Rohena, S. (2006). *El manejo de los desperdicios sólidos peligrosos y no peligrosos. Vol I*.
- Taylor & Francis Group, LLC. (2005). Recycle Solid Waste, páginas 127-167.
- Waste management and recycling. (2006) I AmNow there's an exciting subject! *Tribology & Lubrication Technology* 62:24-5.
- World Bank. (1999). What a waste: Solid waste management in Asia. *Urban and Local Government Working Paper Series number 1*. Washington, DC: World Bank.
- Tsai, T. (2008). The impact of social capital on regional waste recycling. *Sustainable Development* 16: 44-55.
- Turner, KR. & Powell, J. (1991). Toward an integrated wastes management strategy. *Environmental Management and Health* 2:6-12.
- Wehran Puerto Rico, Inc. (2003). *Final Report Characterization Study*.

TABLAS

Tabla 1: Cantidad de botellas generadas en el Municipio de Arecibo

| Botellas | Cantidad Urbana | Cantidad Rural | Cantidad Total | Peso (oz) | Cantidad Mensual (oz) | Cantidad (lb) | Cantidad Anual |
|----------------------|-----------------|----------------|----------------|-----------|-----------------------|-----------------|----------------|
| Verde | 17856 | 10272 | 28218 | 6.1 | 171580.8 | 10723.8 | 128685.6 |
| Ambar | 7872 | 3744 | 11022 | 6.8 | 74949.6 | 4684.35 | 56212.2 |
| Transparente | 2040 | 1608 | 3548 | 5.5 | 20064 | 1254 | 15048 |
| Canecas | | 1196 | 1196 | 8.2 | 9807.2 | 612.95 | 7355.40 |
| Licores | 985 | 398 | 1583 | 15 | 23745 | 1484.06 | 17808.75 |
| Total Mensual | 28753 | 17418 | 45577 | | | | |
| Total Anual | 337908 | 209016 | 546924 | | 300146.16 | 18759.16 | 562775 |

FIGURAS

Figura 1: Diferencia de la cantidad de botellas generadas en los negocios de consumo de bebidas alcohólicas en el Municipio de Arcibo.

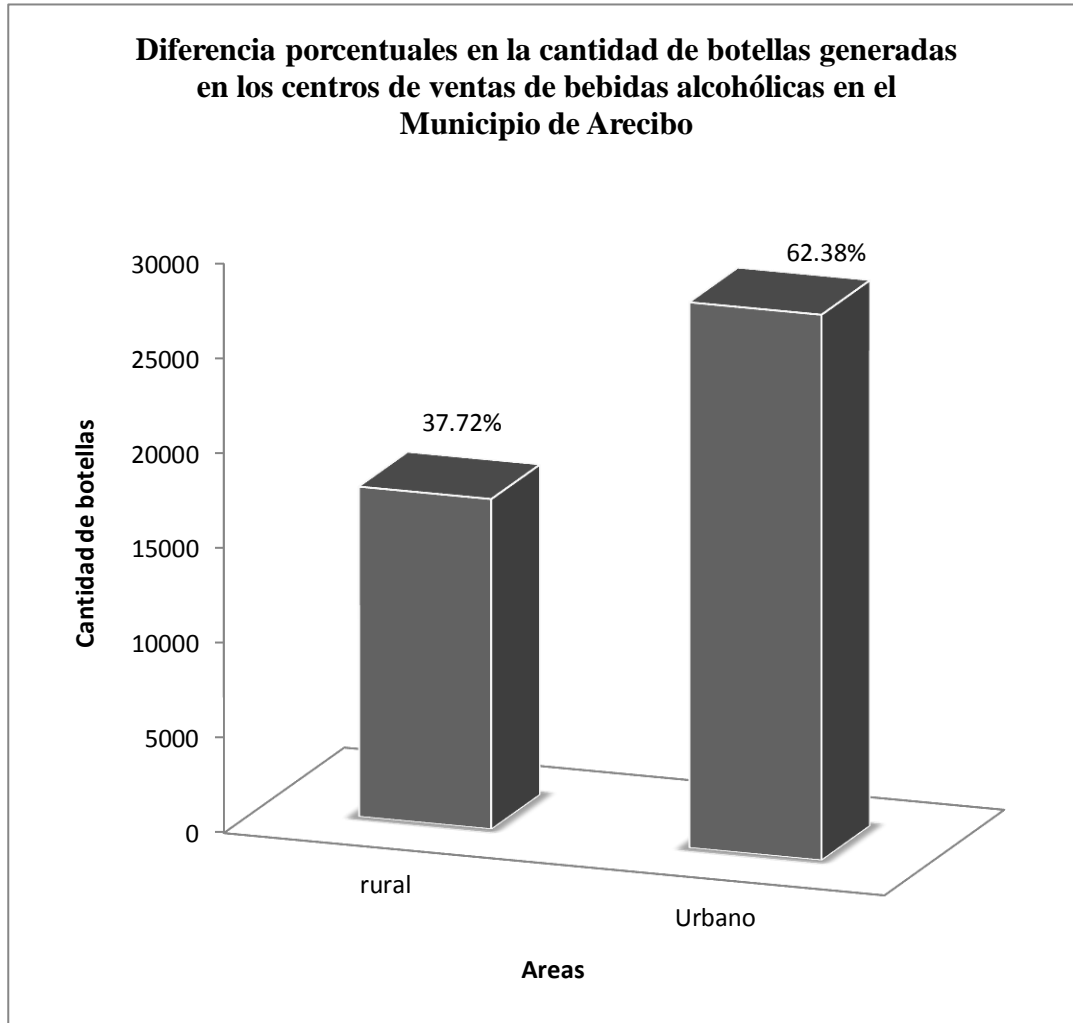


Figura 2: Cantidad de botellas de color verde generadas en Municipio de Arecibo

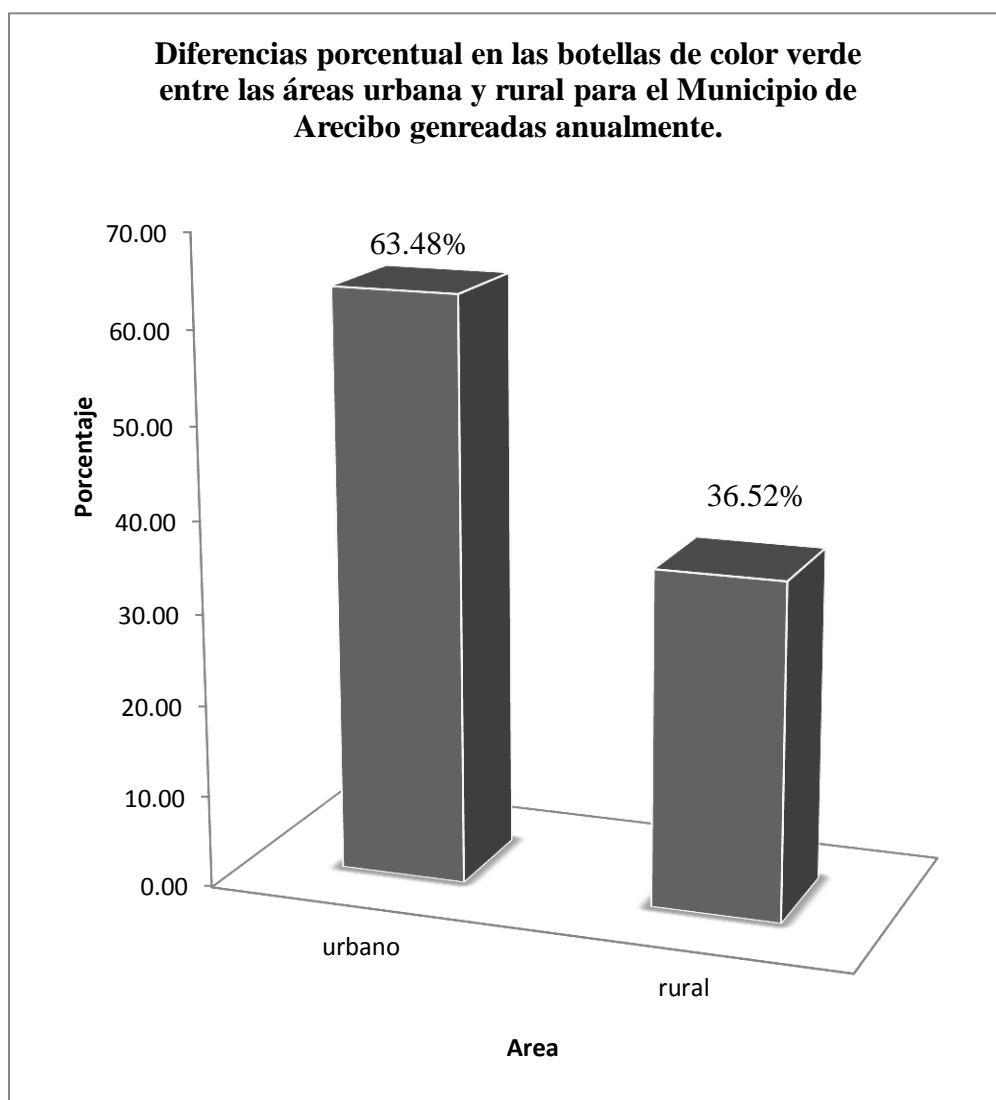


Figura 3: Cantidad de botellas de color ámbar generadas en Municipio de Arecibo.

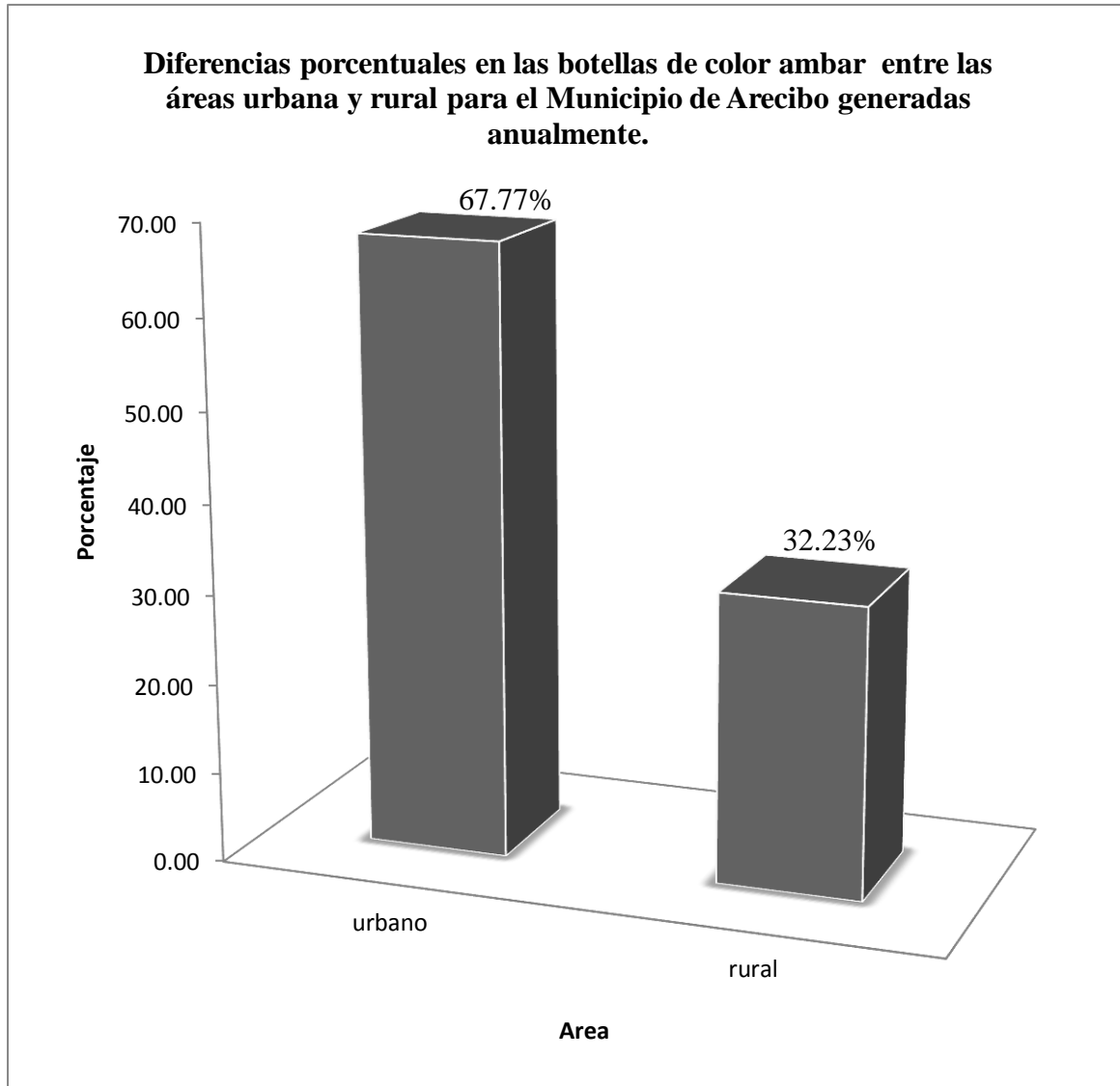


Figura 4. Cantidad de botellas de color transparente generadas en el municipio de Arecibo.

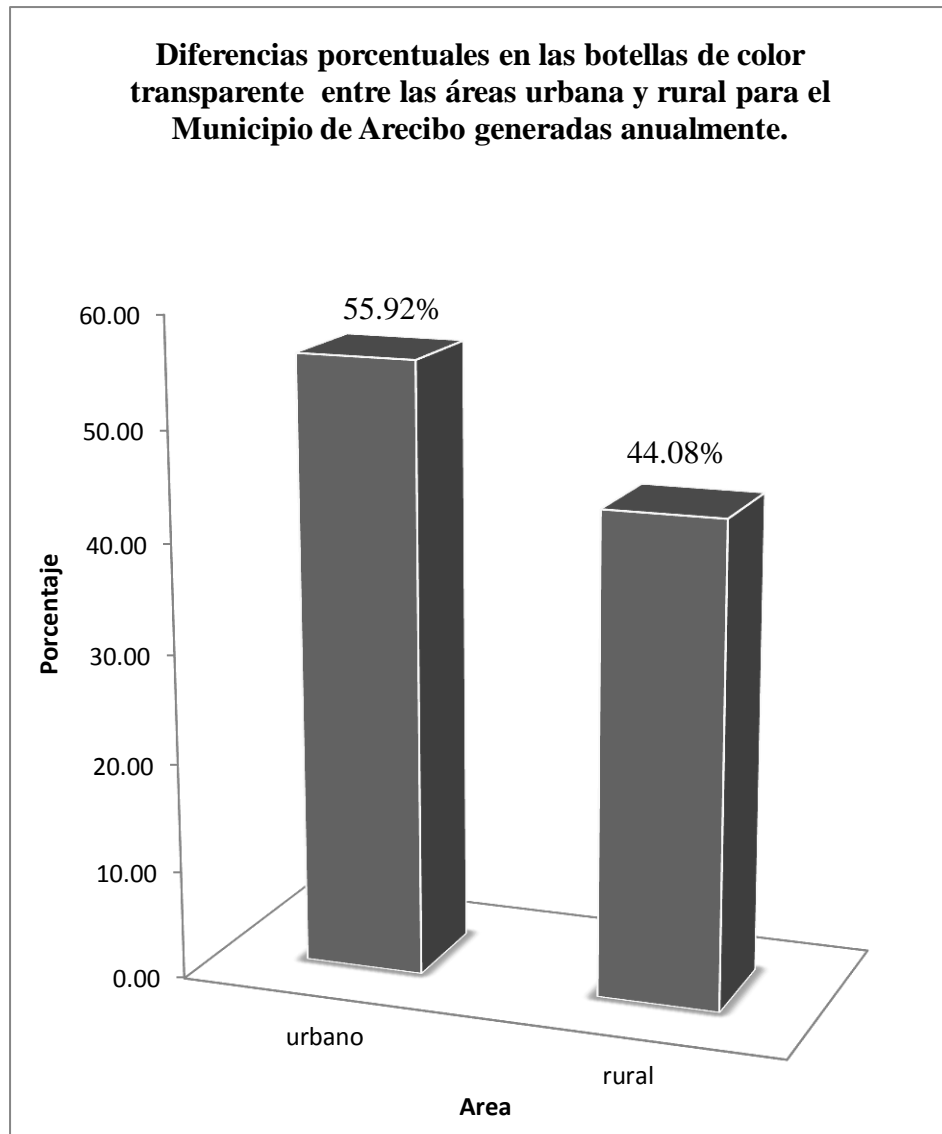
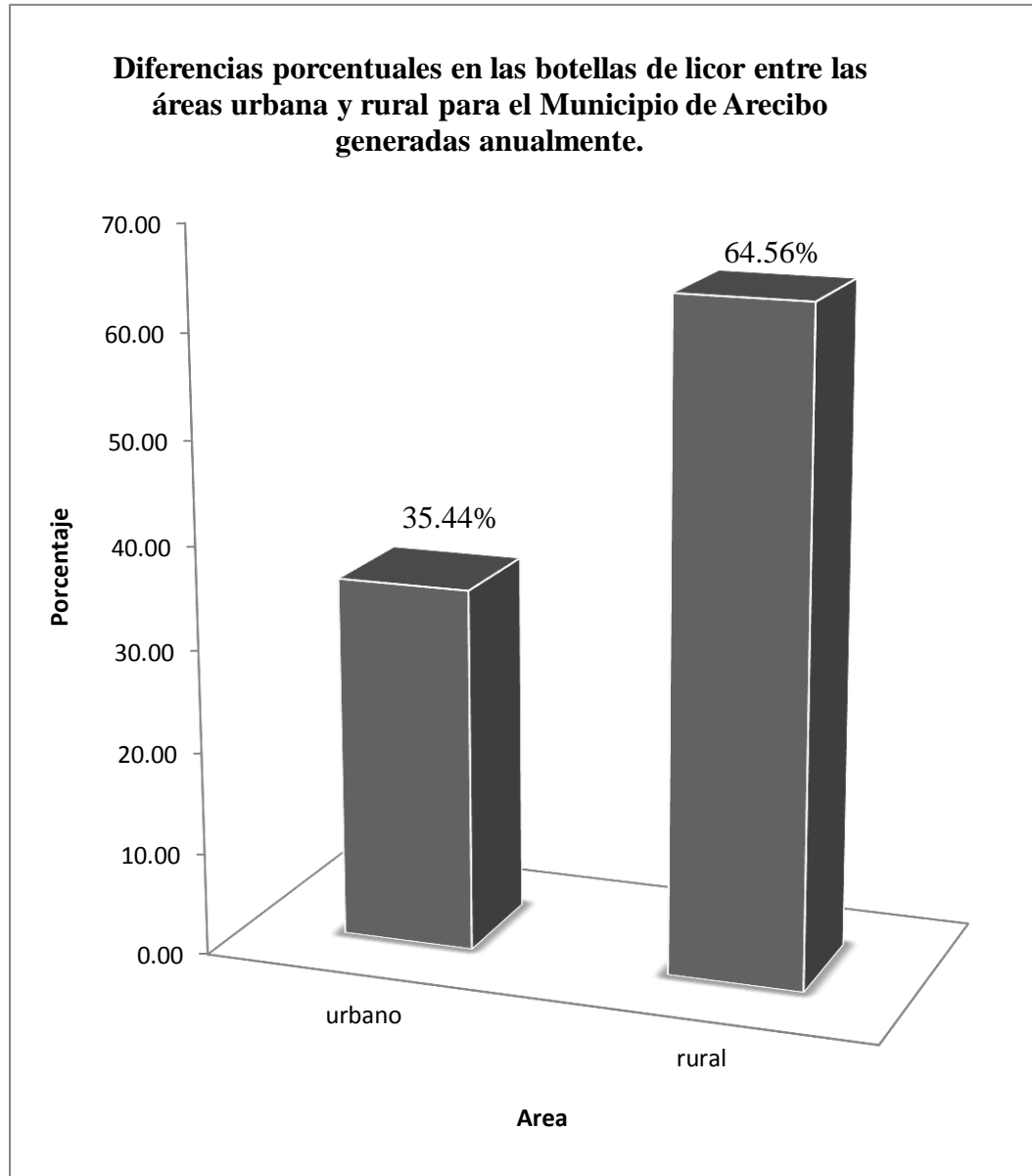


Figura 5: Cantidad de botellas de licor generadas en Municipio de Arecibo.



APÉNDICES

Tema: Desarrollo de un plan de manejo para el reciclaje de vidrio proveniente del consumo de bebidas alcoholicas en establecimientos en el municipio de Arecibo.

Por. Xiomara Martínez

1. ¿Cada cuanto tiempo adquiere las botellas de cerveza que vende en su negocio?
2. ¿Cuántas son de Heineken?
3. ¿Cuántas vende al mes?
4. ¿Cuántas son medalla?
5. ¿Cuántas vende al mes?
6. ¿Cuántas son Coors?
7. ¿Cuántas vende al mes?
8. ¿Cuántas son Budweiser?
9. ¿Cuántas vende al mes?
10. ¿Cuántas son Corona?
11. ¿Cuántas vende al mes?
12. ¿Cuántas botellas de alcohol (ron) vendes por semana?
13. ¿De qué colores son las botellas de alcohol?
14. ¿Cuánto más aumenta la venta de bebidas en la época navideña?
15. ¿Que se vende más las cervezas o los tragos
16. ¿Le interesaría reciclar las botellas? Comente