

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

**ESTRATEGIAS PARA EL USO DE LAS CENIZAS PRODUCIDAS EN LA
CONVERSIÓN DE RESIDUOS A ENERGÍA POR LA PLANTA PROPUESTA EN
ARECIBO**

Requisito parcial para la obtención del
Grado de Maestría en Planificación
en Planificación Ambiental

Por
Yomaira Maldonado Cortés

4 de diciembre de 2012

DEDICATORIA

*A Dios por darme fortaleza y perseverancia
para culminar este proyecto.
A mis padres. Mi esfuerzo y
dedicación es por ustedes.*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a cada una de las personas que colaboraron generosamente con sus conocimientos para llevar a cabo esta investigación. A cada uno de los integrantes del Comité de proyecto de planificación: Profesora María Calixta Ortiz, directora del proyecto de planificación; y al Dr. Jorge Hernández y al Profesor José O. García, ambos lectores de tesis, por reforzar los fundamentos y darme herramientas y sugerencias para realizar este proyecto. Al Sr. Quintín De Jesús y el Sr. Pedro De León por su ayuda en la edición y revisión del documento, así también por sus ideas y experiencias compartidas.

Quiero agradecer además al Sr. Lisandro Reyes, Director Ambiental del Municipio de Barceloneta por su generosa colaboración. A la Sra. Sandra Morales de Beacon Hill Consulting y al Profesor Nefalí García por su disposición y tiempo en brindarme información necesaria para reforzar este trabajo.

A mi familia por ser mi apoyo incondicional en alcanzar esta meta y por inculcarme el amor hacia la naturaleza. También a mis amigos por sus buenos deseos y palabras de ánimo para seguir adelante en mis metas. Por último quiero agradecer a Dios por darme la oportunidad de desarrollarme en un ambiente donde pude conocer personas que comparten el mismo deseo de aportar su granito de arena para preservar el ambiente.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT.....	ix
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
Trasfondo del problema de Planificación	1
Problema de Planificación.....	9
Justificación del Proyecto de Planificación.....	11
Preguntas de investigación.....	14
Meta.....	15
Objetivos	15
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA.....	16
Trasfondo histórico	16
Marco conceptual o teórico.....	24
Estudios de casos	30
Marco legal.....	34
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	39
Introducción	39
Caso situacional	39
Objetivos	39
Fuente de datos.....	40
Diseño metodológico	41
Análisis de datos	44
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DEL PROBLEMA.....	45
CAPÍTULO V: ALTERNATIVAS Y ESTRATEGIAS.....	54
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
LITERATURA CITADA	63

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estrategias utilizadas en SEMASS y Energy Answers Arecibo.....	71
Tabla 2. Centros de acopio en pueblos limítrofes de Arecibo..	72
Tabla 3. Materiales domésticos peligrosos no procesados en la Planta de Arecibo.....	73
Tabla 4. Estrategias para el uso de las cenizas producidas en la conversión de residuos a energía por la planta propuesta para Arecibo	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio dónde proponen construir la Planta de recuperación de recursos y generación de energía, EnergyAnswers, Arecibo	77
Figura 2 .Flujograma simplificado del proceso de generación de energía y recuperación derecursos (Energy Answers 2010.....	78
Figura 3. Cantidad de noticias encontradas por categoría	79

RESUMEN

La Autoridad de Desperdicios Sólidos y Energy Answers proponen la construcción de una planta de generación de energía y recuperación de recursos para el municipio de Arecibo. Esta planta procesaría alrededor de 2,100 toneladas de basura doméstica por día que producirá el 7% del peso total en cenizas o unas 150 toneladas. De utilizar este sub-producto para elaborar bloques de cemento y materiales de construcción, es necesario que el producto cumpla con normas de seguridad. Este proyecto de planificación tiene como meta desarrollar estrategias para que las cenizas producidas en este proceso de conversión sean utilizables manteniendo niveles apropiados de seguridad. Entre los objetivos, determinamos los factores críticos envueltos en el proceso de preparación de la materia prima para el cumplimiento con las normas de calidad establecidas para Puerto Rico; evaluamos el proceso de producción de las cenizas para establecer diferencias entre la planta de Rochester, Massachusetts y los de Arecibo; y analizamos contenido noticioso y estadísticas de vistas públicas para determinar estrategias educativas. Tomamos como referencia la experiencia de la planta de recuperación de recursos, Energy Answers en Mass. (SEMASS). Identificamos muy pocos centros de acopio en la región de Arecibo. Encontramos que la *Declaración de Impacto Ambiental* de la Planta en Arecibo, no considera la disposición apropiada del mercurio. La ciudadanía exige al gobierno alternativas seguras para el manejo de los desperdicios en la zona. Desarrollamos estrategias para concienciar a los ciudadanos para que participen en la separación de desperdicios desde su hogar, escuela o lugar de trabajo. Se recomienda la creación de estaciones de recolección de materiales con mercurio y un plan de educación para que los habitantes participen en el proceso de recolección. Se requiere además, que se establezca un reglamento dónde se especifique el manejo apropiado del mercurio en el municipio. Es fundamental para el municipio de Arecibo y pueblos limítrofes, que depositan desperdicios en el vertedero de Arecibo, que tomen en consideración estas estrategias para facilitar el proceso separación y fomentar el uso de las cenizas en la elaboración de bloques de concreto.

ABSTRACT

The Puerto Rico Waste Disposal Authority (PRWDA) and Energy Answers proposed a resource recovery and renewable energy facility to be established in the Municipality of Arecibo. The plant would process about 2,100 tons of household waste per day, of which 7%, or about 150 tons, would be reduced to ashes. The by-product would be used as aggregate in the production of concrete blocks, which would require compliance with safety standards. The planning project presented here develops strategies to ensure a safe treatment for the ashes aimed at minimizing its toxicity at the Arecibo facility. The objectives of this project were: to determine the critical factors involved in the process of preparing the raw material with prevailing quality standards; to evaluate the differences of the production process of the ashes through the procedures adopted in a similar existing facility in Massachusetts and those identified for the Arecibo facility; and to assess news coverage and statistics of public hearings, of the facility to determine educational strategies. We use as reference the experience of the resource recovery plant, Energy Answers in Massachusetts (SEMASS). We identified very few collection centers in the region of Arecibo. The Environmental Impact Assessment of the Arecibo facility does not consider the proper disposal of mercury. The citizens require government safe alternatives for waste management in the area. We developed strategies to sensitize citizens to participate in waste separation at homes, schools or workplaces. We recommend the establishment of more collection stations for materials with mercury and an education plan for residents to participate in the process. n and most accessible places to deposit electronic waste. It is suggested that the Municipality of Arecibo or PRWDA adopt regulation enforcing the proper handling of mercury disposal. It is vital for Arecibo and PRWDA to consider these strategies and adopt mechanisms facilitate the separation process and encourage the use of ash in the production of concrete blocks.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Trasfondo del problema de planificación

Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés), en coordinación con la Junta de Calidad Ambiental (JCA), determinó el cierre de 31 vertederos en Puerto Rico utilizados para la disposición de desperdicios sólidos no peligrosos (Justicia, 2010). Mediante órdenes administrativas, la agencia anunció la terminación del funcionamiento de varios de estos sistemas de relleno sanitario (SRS) debido al incumplimiento de las disposiciones estatales establecidas en el Reglamento para el manejo de los desperdicios sólidos no peligrosos (JCA, 1997) y los reglamentos federales *Criteria for Classification of Solid Waste Disposal Facilities and Practices* (USEPA, 1996b) y *Criteria for Municipal Solid Waste Landfill* (USEPA, 1996c) de la EPA. Específicamente este último fue determinante para lograr el cierre de los vertederos. De esta manera se perseguía reducir el riesgo a la salud pública y al ambiente general. Para el 2015 sólo permanecerán en funcionamiento 13 sistemas de relleno sanitario ya que el resto cerrará por haber alcanzado su vida útil (Rodríguez, 2007).

El reglamento federal, *Criteria for Municipal Solid Waste Landfill* (USEPA, 1996c), dispone que los vertederos funcionales posean un sistema de monitoreo de aguas y contaminantes para así tener un control de éstos y poder salvaguardar el ambiente, que incluye la salud pública. Requiere además, revisiones periódicas para optimizar las funciones del sistema de relleno sanitario. Estos criterios constituyen una oportunidad para reinventar la manera en que se manejan los desperdicios sólidos en la Isla, haciendo

mayor énfasis en implantar nuevas tecnologías para la recuperación de recursos y estrategias para mejorar el reciclaje en Puerto Rico (Torres, 2007). Esto ayudará a proteger el ambiente que incluye la salud humana.

En este reglamento se establece que estas instalaciones no deben estar localizadas en áreas cerca de humedales, ya que puede causar daños irreversibles al ecosistema y poner en riesgo las especies que allí habitan (USEPA, 1996c). No obstante, el vertedero municipal de Arecibo se encuentra asentado en la Reserva Natural del Caño Tiburones. De no cumplir con estos requisitos, se verían obligados a cesar operaciones.

De acuerdo con el Director de la División de Protección Ambiental del Caribe, Carl Soderberg (2009), entre los requisitos para la ubicación de un vertedero se destacan: no puede estar en áreas inundables; no puede ubicarse en zonas cársticas; ni en terrenos inestables entre otros. La zona del Karso se encuentra en su mayoría a lo largo de la región norte de la Isla. Este terreno es bien inestable por la porosidad de la piedra caliza que permite filtrar el agua. Precisamente el SRS de Arecibo está ubicado dentro de este sistema natural.

El inminente cierre de estos sistemas de relleno sanitario en la Isla, debido a su mal funcionamiento, ha suscitado una situación alarmante sobre cómo lidiar de forma adecuada con los desperdicios sólidos en el País. Es necesario implantar métodos más limpios y seguros para manejar estos desperdicios, ya que para el 2012, la EPA ordenó el cierre del vertedero municipal de Arecibo (Trinidad, 2010).

La Ley para la reducción, reúso y reciclaje de los desperdicios sólidos en Puerto Rico fue aprobada el 23 de junio de 1978 y enmendada el 18 de septiembre de 1992. La Autoridad de Desperdicios Sólidos (ADS) ha propuesto diversas técnicas de reciclaje

como una opción para reducir, de manera eficiente, la cantidad de desperdicios sólidos que se generan, asimismo su impacto ambiental. Estas técnicas han sido expuestas, por ley, como recomendaciones directas para exigir mayor participación de los municipios y ampliar sus responsabilidades en la implantación de planes de reciclaje (ADS, 2010).

Puerto Rico no cuenta con la implantación ni la fiscalización necesaria de un plan de trabajo que sea efectivo y eficiente donde se unan esfuerzos, tanto del sector público, como privado y la ciudadanía para lograr la meta, trazada por la ADS en el Itinerario Dinámico, del 35% de reciclaje de materiales antes del 2016. Para el año 2007, la tasa de desvío y reciclaje era de 19%. De ese 19% que es desviado, el 55% se exporta para ser procesado fuera del país y el 45% se emplea para reúso y manufactura de nuevos productos en Puerto Rico (ADS, 2007a). La Ley 411 del 8 de octubre de 2000 induce al sector privado a participar en lograr la meta de reciclar un 35% de los residuos sólidos que se generan, mediante la implantación mandatoria de planes de reciclaje. También se persigue mayor participación de los municipios y de igual forma, se amplían las responsabilidades de éstos, bajo esta Ley, al hacer compulsorio la radicación de informes de logros y dificultades en la implantación de los planes de reciclaje.

Ante la ausencia de fiscalización, iniciativas y programas educativos que promuevan el interés social, público y privado para lograr la meta establecida por dicha ley, muchas estrategias y planes no han obtenido el efecto necesario para hacer del reciclaje una práctica fundamental en la Isla. Todavía más, no han podido garantizar una estructura con viabilidad económica de este proceso de reciclaje. Hace falta una estructura que permita el eslabonamiento de distintos sectores que se beneficien de un programa de reciclaje agresivo. De acuerdo con la ADS (2011) existen cerca de 100

empresas dedicadas a la recolección de materiales reciclables. Estos programas por sí solos no pueden cumplir con la expectativa de reciclaje de la Autoridad. La unión de esfuerzos de los sectores público y privado, es vital para lograr un resultado satisfactorio en programas de reciclaje en cada municipio.

Por otro lado, los patrones de producción de mercancías poco duraderas y de consumismo de la población reflejan la carencia de una conciencia ambiental, lo cual incrementa la alta generación de desperdicios en la Isla y pudieran contribuir al reducido porcentaje de reciclaje. Cabe destacar que los proyectos dirigidos a manejar los materiales reciclables, por sí solos, no atacan el problema, sino que es necesaria la incorporación de mecanismos de educación más agresivos con miras a cambiar la actitud consumista de la ciudadanía. Es necesario un cambio en la línea de producción. Gran parte del problema se debe al diseño y a los materiales en los que se empaican muchos de los productos consumidos (ej. plástico, cartón, *foam*, etc.), sin considerar su impacto al medio ambiente.

La Autoridad de Desperdicios Sólidos (2007b) desarrolló el programa Itinerario Dinámico para crear estrategias de infraestructura y poder resolver la situación del manejo de los desperdicios sólidos en la Isla. Debido a las limitaciones territoriales y las condiciones hidrogeológicas de la Isla, la expansión de los vertederos no es una solución viable. En el año 2007, el Gobernador emite la *Orden Ejecutiva 2007-48* dónde dispone que la expansión indiscriminada de los sistemas de relleno sanitario, no armoniza con nuestra limitada extensión territorial. Expresa, además, que tampoco es conveniente fomentar la expansión de los SRS ubicados en áreas sensitivas, y que tales prácticas contradicen la jerarquía establecida por ley para el manejo y disposición de los residuos

sólidos. En esta orden se añade además que los desperdicios sólidos son un recurso útil para la sociedad puertorriqueña como fuente de materias primas y combustibles, por lo que no tiene sentido continuar con las prácticas actuales de disposición en los vertederos (ADS, 2007b).

Además de estos eventos, en el año 2010 se declaró una crisis energética en la Isla debido a nuestra dependencia en combustibles derivados del petróleo. El Gobernador emitió una *Orden Ejecutiva 2010-034* para dar paso, de manera expedita, a la creación de proyectos con infraestructuras que utilizaran fuentes de energía alterna o renovable (Puerto Rico, 2011).

Ante esta situación, la Compañía Energy Answers Arecibo propuso la construcción de una planta de conversión de residuos municipales a energía alterna a localizarse en el barrio Cambalache de Arecibo. Esta planta procesará los residuos municipales mediante el proceso de combustión patentizada de caldera fluidizada, y producirá energía con el calor que se genere del proceso. El resultado de este proceso generará dos tipos de cenizas, volantes y de fondo, que representarán el 7% del peso total de los desperdicios (Energy Answers, 2010).

De acuerdo con Energy Answers Arecibo, en la *Declaración de Impacto Ambiental-Preliminar* (2010), la planta de conversión de residuos sólidos a energía (Planta) deberá disponer de manera apropiada del 7% de cenizas de una cantidad de 2,100 toneladas de desperdicios (unas 147 toneladas). Con la infraestructura necesaria para el manejo y tratamiento de este tipo de residuo las alternativas a ser utilizadas son diversas. La generación de este subproducto, así como su acumulación y su manejo

inapropiado, podría causar contaminación ambiental por el potencial impacto al terreno, al aire y a los cuerpos de agua cercanos al proyecto, como el Río Grande de Arecibo.

La tecnología utilizada en este proceso para estabilizar las cenizas con escoria de cemento, permitiría que este residuo fuese depositado en los vertederos con un mínimo riesgo potencial de generar lixiviados tóxicos, y que ocupe menos espacio en el vertedero (Pérez, 2010). Aunque disponer de las cenizas en el vertedero no afectaría el tiempo útil de éste, se estaría desaprovechando la oportunidad de utilizar este material para la elaboración de materiales de construcción, como bloques de concreto. También se reducirían las opciones para la existencia de un crecimiento económico que contribuya al mejoramiento de la zona.

En el 2005, el Representante de la Cámara, Hon. Antonio Silva Delgado, de la Comisión de Desarrollo Socioeconómico y Planificación, impulsó el Proyecto de la Cámara Núm. 310. El mismo favorece el uso de productos de construcción manufacturados en la Isla con materiales reciclables como el bloque de escoria o ceniza. En este proyecto de ley también se explica sobre los usos permitidos y beneficios de las cenizas utilizadas como agregado. Ante la falta de legislación, sobre el manejo de cenizas y el no haberse considerado este tipo de tecnología para la disposición de los desperdicios sólidos, al presente no existe un plan sostenible para lidiar con este problema que nos afectaría a corto y largo plazo.

En Puerto Rico se utiliza el cemento como material predilecto en el campo de la construcción por su resistencia, siendo una alternativa sólida y segura en esa industria. Debido a la ubicación de la Isla en el Trópico, ésta se hace sensible a eventos de la

Naturaleza como son las tormentas y huracanes, cuyas trayectorias muchas veces pasan cerca del País.

Durante los meses de enero hasta agosto del 2011, en Puerto Rico se produjeron 11, 025,200 sacos de 94 libras de cemento, la equivalencia de 1.036 billones de libras de cemento (Instituto Estadístico de Puerto Rico, 2011). La industria del cemento consume grandes cantidades de recursos naturales, los cuales se vuelven insuficientes para satisfacer las necesidades de la demanda (Tangchirapat, Buranasing & Jaturapitakkul, 2010). Cuando se sustituye parcialmente una cantidad de cemento Portland, uno de los componentes básico para la elaboración de concreto, por las cenizas, tendríamos un ahorro en materiales. Se ahorraría considerables cantidades de agua y energía (calor) ya que este proceso requiere menos cantidad de ambas. Dichas economías se podrían traducir en ahorros en dinero sin afectar la calidad del producto. Esta alternativa podría ser efectiva en términos de poder resolver el problema de los residuos de las cenizas y ser además de ser una opción económica.

Las cenizas de caldera producto de la combustión patentizada tienen una composición química y física ideal para ser utilizada como agregado en el concreto. De acuerdo con la investigación realizada por Rübner, Haamkens & Linde (2007), mediante un proceso de tratamiento, las partículas metálicas, residuos sin quemar y de gran tamaño son separadas del resto de las cenizas. Luego las cenizas se disponen utilizando una porción como ingrediente sustituto de la arena y del cemento Portland.

Utilizando la ceniza como sustituto en diversas mezclas, también se pueden obtener otras alternativas de productos de construcción como lo son los ladrillos y losas o azulejos. De acuerdo con un estudio realizado por Lin, Wu & Ho (2006) se pueden

procesar las cenizas para obtener ladrillos más fuertes, con menor permeabilidad y mayor capacidad de absorción de agua, debido a su porosidad. Estos productos cumplen con las normas relevantes para hacer de ellos un material seguro, atractivo y competitivo en el mercado.

Entre los componentes principales presentes en las cenizas se encuentran: 81.5% de componentes minerales (silicatos, aluminatos y óxidos), 12.3% de vidrio o “*waterglass*”, 4.8% de cerámica, 1.1% de metales y .03% de otros componentes. El contener sobre 80% de componente mineral, permite el uso de las cenizas, producto de la combustión de desperdicios sólidos municipales, como un agregado del concreto. Esto contribuye a la densidad y porosidad del producto (Rübner, Haamkens & Linde, 2007).

Para poder entender mejor la composición de las cenizas es necesario caracterizar los desperdicios que se depositan en los vertederos de la Isla. Para lograr la caracterización se recogen, se separan y se pesan los desechos de las distintas instalaciones de depósito de desperdicios en Puerto Rico, entre ellas el SRS de Arecibo. De acuerdo con un estudio realizado por Wehran-Puerto Rico, Inc. (2003) los desperdicios encontrados en los rellenos sanitarios de la Isla se componen en su mayoría de materiales domésticos que no son peligrosos y sólo un 0.5% de material doméstico peligroso.

El proceso de tratamiento para la eliminación de dioxinas y benzofuranos de las cenizas será eficiente y seguro si se cumple con lo estipulado por la USEPA. Para asegurar que estas cenizas no contengan materiales peligrosos, es necesario implantar estrategias para manejar los desperdicios antes de ser procesados en el área de combustión. Una vez determinados los factores críticos presentes en la basura (ej.

envases con residuos de aceites usados, baterías, mercurio, etc.), podremos establecer un plan con diversas estrategias para ser utilizadas y así garantizar que las cenizas no contengan residuos peligrosos. Los detalles de este proceso serán discutidos como parte del marco conceptual.

Problema de planificación

Ante la falta de estrategias de manejo de desperdicios, tiempo necesario para implantarlas y el inminente cierre de los vertederos, se propone para el barrio Cambalache de Arecibo, una planta que convertirá residuos municipales a energía. Se proyecta que esta instalación procese alrededor de 2,100 toneladas por día (tpd.) de desperdicios; y genere unas 147 tpd. de cenizas de caldera y volantes. La misma ha recibido muchas críticas de la población y de grupos ambientalistas demandando la paralización del proyecto por la incertidumbre que existe ante los daños a la salud y al ambiente general.

El vertedero de Arecibo no cumple con los requisitos de las leyes federales para poder manejar la cantidad de cenizas a generarse. Este problema se vería agravado ante la ausencia de legislación adecuada y la necesidad de una constante fiscalización de las agencias del gobierno. Dichas agencias están destinadas a la protección del ambiente y establecer parámetros para lograr un desarrollo integral para la Isla.

De no contar con un plan eficiente de disposición de cenizas, Energy Answers no podría establecer funciones operacionales en la Isla, por las disposiciones de la EPA. Por otra parte, se desperdiciaría materia prima que podría ser utilizada como agregado en la elaboración de bloques de cemento, lo que estaría contribuyendo a agravar el problema de desperdicios sólidos que enfrenta la Isla. No obstante, estas cenizas de ser utilizadas

en el proceso, deberán cumplir con estrictas normas de calidad, tanto en el pre y post tratamiento.

En Puerto Rico se depositan cantidades considerables de desperdicios peligrosos que incluyen electrónicos, conocidos como *e-waste*, en los vertederos, que pueden causar daños a la salud humana y al ambiente general. La *basura electrónica* que consiste en computadoras obsoletas, monitores, televisores y otros dispositivos, frecuentemente contienen sustancias químicas que con un manejo inadecuado pueden causar impactos significativos al ambiente (Korenstein, 2005). Puerto Rico tiene los mecanismos legales para manejar los desperdicios sólidos adecuadamente. Sin embargo, la *basura electrónica* a escala local no está definida, por lo que en las leyes y reglamentos no se especifica su caracterización y respectivo manejo, mientras que en Estados Unidos la situación es similar (Santiago, 2012).

Según la Consumer Electronic Association, en Estados Unidos existen 24 electrodomésticos por hogar (USEPA, 2011c). Utilizando estrategias de recolección adecuadas, se conseguiría recolectar este tipo de desperdicios y así reusarlos para extenderles la vida útil. Varios estados, entre estos Massachusetts, cuentan con reglamentos específicos para la disposición de desperdicios eléctricos y electrodomésticos.

Otra situación contemplada en este estudio es la pobre integración de la sociedad civil en los procesos de reciclaje. A esto le podemos añadir la desinformación que existe en la ciudadanía sobre los procesos de seguridad a ser utilizados en la planta de generación de energía y recuperación de recursos y su éxito en otros países.

Este estudio desarrolla estrategias para que las industrias dedicadas a la construcción y el reciclaje utilicen las cenizas como agregado, y así obtener una inyección económica relacionada con estos procesos. Estableciendo los canales adecuados de comunicación con la ciudadanía lograremos mantenerla informada, para tratar de cambiar la actual percepción sobre los productos derivados de las cenizas contemplados en este trabajo. Los procesos relacionados con las estrategias para lograr que las cenizas no contengan materiales tóxicos para elaborar un nuevo producto, reutilizando las mismas, serán la base de este trabajo de planificación.

Justificación del proyecto de planificación

Las actividades realizadas por los humanos pueden alterar la estabilidad de los ecosistemas. Estas actividades pueden provocar un desequilibrio en la capacidad que tiene el ambiente para absorber el impacto de las mismas. Es por esa razón que es imperativo que se implanten medidas de mitigación para reducir el efecto adverso de estas actividades. Estas medidas deben ir acorde con los parámetros reglamentarios establecidos para lograr minimizar el impacto ambiental logrando de paso ventajas económicas.

Al surgir las primeras plantas de conversión de residuos a energía, la posibilidad de disponer de las cenizas, de otra manera que no fuera depositarlas en los vertederos, comenzaron a manifestarse. La mayoría de las iniciativas estaban relacionadas a utilizar dicho residuo como agregado sustituto en pavimentos y otros elementos de construcción (Fortaleza, Far, Segui & Cerdá, 2004).

La Ley Federal conocida por sus siglas en inglés como RCRA (*Resource Conservation and Recovery Act* de 1976) Subtítulo C para la reglamentación de

desperdicios peligrosos, establece que los siguientes desperdicios no son considerados peligrosos: “... *fly ash waste, bottom ash waste, slag waste, and fuel gas emission control waste, generated primarily from the combustion of coal...*” (RCRA, 1976). Según se expone en esta ley se entiende que los productos derivados de las cenizas no ocasionan daños a la salud de los humanos ni al ambiente general.

Mediante este proyecto de planificación pretendemos crear estrategias para que las cenizas tengan un uso seguro y práctico. Propusimos evaluar elementos críticos en el proceso de separación de materiales. Se busca además crear conciencia entre la ciudadanía y conocer su sentir sobre este nuevo proceso. El propósito de este proyecto fue diagnosticar el problema que representa la acumulación de cenizas y demostrar que con un buen plan de separación de desperdicios peligrosos, las cenizas podrían ser utilizables. Además, se persigue lograr que el resultado de este proceso de conversión de desperdicios a energía alterna sea la elaboración de bloques de cemento. Este estudio desarrolla estrategias que integran el marco legal, elementos críticos y un programa educativo para la ciudadanía que apoye las iniciativas de reciclaje de aquellos residuos que deban desviarse de la materia prima que llegará a la Planta propuesta.

Al usar las cenizas de caldera y volante como agregado en este proceso, se lograría una economía a escala, donde se beneficiarían distintos sectores de la industria de la construcción. De esta manera, se promueve un crecimiento sostenible para la región de Arecibo. Los beneficios operacionales, socio-económicos y ambientales del uso de bloques a base de cenizas son:

- El concreto utilizado en estos bloques es más fácil de trabajar, es más fuerte y duradero, porque fluye y se bombea mejor.

- Las cenizas que contiene el concreto mejoran el producto de forma costo-efectiva, de manera que el costo marginal de las cenizas, comparado con los costos asociados a los materiales que reemplazaría, convierte el proceso de elaboración de bloques de cemento en uno más barato y efectivo.
- Se requiere menos cantidad de cemento en la mezcla de concreto. Las cenizas reemplazan parte del cemento, por lo tanto se necesita producir menos cemento.
- La producción de concreto requiere 10% menos agua que los procesos regulares.
- Se reduce la cantidad de arena requerida.
- El cemento utilizado en los bloques de cenizas disminuye la permeabilidad de los bloques y los hace más resistente a la degradación causada por el sulfato.
- Se crearían economías a escala beneficiando a distintos sectores; y se crearían empleos verdes.
- Se disminuirían los casos de enfermedades respiratorias por la reducción de emanaciones de cenizas

Como parte de un estudio realizado por Villamizar (2007) podemos añadir otros beneficios ambientales considerados como prioritarios dentro de los propósitos que persigue este trabajo de investigación. Al reemplazar recursos que no son renovables con cenizas ayudamos a conservar el ambiente. Conservamos energía mientras reducimos las emanaciones de CO₂, debido a que en la elaboración utilizamos menos agua y calor. Otro factor importante es que al utilizar este subproducto de la combustión, no

desperdiciaríamos materia prima para elaborar materiales de construcción. También los edificios construidos con este tipo de material obtienen puntos LEED, *The Leadership in Energy and Environmental Design*, es decir edificios sostenibles, lo que aumenta el valor de la propiedad. LEED es una certificación otorgada a los edificios que posean estrategias enfocadas a la sostenibilidad, como eficiencia en energía, consumo de agua, selección de materiales, espacios verdes, etc. Se otorgan en 4 categorías por el *U.S Green Building Council* y el objetivo es ir avanzando para disminuir el deterioro ambiental.

Ante la proliferación de las distintas obras en el sector de la construcción en la Isla, es oportuno emplear prácticas sostenibles, que conduzcan a lograr armonía entre las actividades de los humanos con el resto de la naturaleza. Por esta razón, se recomienda que se apruebe legislación que favorezca el uso de cenizas en productos de la construcción generados en la Isla.

Preguntas del proyecto de planificación

1. ¿Cumplirá el proyecto propuesto para Arecibo con los estándares de tratamientos necesarios para que sea igual de efectivo como la Planta SEMASS en Massachusetts?
2. ¿Cuáles son los factores críticos en el proceso de preparación de la materia prima para asegurar su cumplimiento con las normas de Puerto Rico?
3. ¿Cuál es la percepción de la sociedad civil sobre la Planta de recuperación de recursos y generación de energía según los documentos de las vistas públicas y de los periódicos de Puerto Rico?

Meta

Desarrollar estrategias para que las cenizas producidas en el proceso de conversión de residuos a energía alterna por la planta propuesta para Arecibo sean utilizables manteniendo niveles apropiados de seguridad.

Objetivos

1. Determinar los factores críticos del proceso de preparación de la materia prima para el cumplimiento con las normas de calidad establecidas para Puerto Rico.
2. Evaluar el proceso de producción de las cenizas para establecer diferencias entre la planta de Rochester, Massachusetts. y los de Arecibo.
3. Evaluar el contenido de documentos (vistas públicas, periódicos y DIA) sobre la Planta de Recuperación de Recursos y Generación de Energía para desarrollar estrategias educativas.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

Este capítulo presenta los temas expuestos en este trabajo de investigación. Discutimos en detalle los acontecimientos históricos que originaron la situación en la que este proyecto de planificación se basa. Se integra el modelo de planificación seleccionado mediante el cual se estructura la elaboración de estrategias que abordan distintas alternativas de solución al problema de planificación. Además se definen conceptos relacionados a los procesos de planificación y presentamos estudios de caso que nos ayudan a entender mejor la dimensión del problema desde otra perspectiva.

Trasfondo histórico

Durante las pasadas cuatro décadas (1970-2000), avances en la tecnología y comunicaciones han sido algunos de varios factores que han propiciado el crecimiento del consumo de mercancías. Hay un patrón de conducta asociado a un mayor consumo de bienes y como resultado un incremento en la generación de desperdicios sólidos. A mediados del siglo XX como consecuencia de la Segunda Guerra Mundial, comienza la producción industrial-consumista. Este tipo de producción en masa de productos con una vida útil muy corta, genera una gran cantidad de desperdicios no reciclables ni degradables en corto tiempo. Para poder mover la oferta generada era necesario utilizar la mercadotecnia y así crear una necesidad en la población de demanda. Este patrón de conducta, impulsada por la producción desmedida de bienes, reveló que era más fácil fabricar los productos que venderlos, por lo que se recurre a la comercialización (Carrasco, 2007). Es de esa manera que la ciudadanía adquiría bienes de lujo que luego

eran abandonado en los botes de basura y finalmente en un vertedero, sobrepasando la capacidad de éstos.

El término *consumismo* se puede definir como la necesidad creada por la publicidad y producción en masa de adquirir bienes considerados como innecesarios, para luego ser descartados, provocando la generación de desperdicios sólidos. Este patrón de conducta produce un efecto adverso al ambiente, agotando sus recursos limitados y desatando una cadena de deterioro al no contar con espacio necesario para disponer de la cantidad de basura originada. Los patrones de consumo de la población en los países industrializados, combinado con su poder adquisitivo, desencadenaron una de las mayores problemáticas sobre cómo lidiar con el manejo de los desperdicios sólidos.

Para finales de la década de los 60 y comienzos de los 70, comenzaron a surgir distintos movimientos sociales exteriorizando la preocupación de la ciudadanía ante el impacto negativo de sus actividades sobre el ambiente. Existía desconocimiento sobre los efectos adversos de los desperdicios sólidos a la salud humana y al ambiente. Este problema alarmante de generación de basura fue producto de diversos factores como el aumento poblacional, el crecimiento y desarrollo económico, la introducción de nuevas tecnologías y la creación de la política pública que favorecía el consumo (Bandara, Hettiaratchi, Wirasinghe & Pilapiiya, 2007). Estos factores trajeron consigo el crecimiento de muchas ciudades y por ello mayores exigencias de construcción de infraestructura, así como mayor demanda de los recursos naturales para sufragar las mismas.

De cara al auge en el crecimiento y desarrollo urbano, se iniciaron distintas campañas de concienciación ciudadana sobre la protección ambiental. Las personas

comenzaron a reflexionar sobre las consecuencias de sus acciones y sobre el impacto al ambiente. Los ciudadanos emprendieron manifestaciones sobre su sentir y su disposición de un cambio de actitud hacia salvaguardar los recursos naturales, lograr la justicia social y alcanzar el crecimiento económico.

Comprometido con los movimientos ambientales y la preocupación por la contaminación en los recursos naturales, el gobierno de los Estados Unidos de América (EE.UU), bajo el mandato del presidente Richard Nixon, creó una agencia independiente conocida como la Environmental Protection Agency (EPA, por sus siglas en inglés) en el año 1970. Esta agencia estaría encargada de regular, fiscalizar los contaminantes lanzados al ambiente y crear reglamentos para evitar que las acciones de los humanos causaran daños adversos a la salud pública y al ambiente.

Luego se aprobó la Ley de Aguas Limpias (CWA por sus siglas en inglés) de 1977 según enmendada (USEPA, 1980). Esta ley establece la estructura básica para reglamentar la descarga de cualquier contaminante en aguas de EEUU. Le otorgó a la EPA, además, el poder de establecer programas de control de contaminantes. Esta ley incluye el establecimiento de plantas de tratamientos de aguas usadas para reducir su impacto ambiental.

Al igual que en EE.UU, en Puerto Rico se dio la preocupación de cómo el desarrollo de las ciudades va ocasionando daños al ambiente y sus recursos. Luego de la aprobación el 9 de julio de 1970 de la Ley de Política Pública Ambiental de Puerto Rico, el Gobernador Luis A. Ferré percibió la necesidad de crear una Junta Asesora para atemperar las acciones del humano con la naturaleza. Así surgió la Junta de Calidad

Ambiental (JCA) que busca fomentar un desarrollo socio-económico y de bienestar tanto para los humanos como para el ambiente.

Debido a la inminente vulnerabilidad de los sistemas naturales, como resultado de las acciones del humano para lograr un crecimiento socio-económico, se empleó el término *desarrollo sostenible*. Este término se acuñó por primera vez en un documento redactado por la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas (CMMAD), conocido como Informe Brundtland de 1987. Esta comisión se reunió por vez primera en el año 1984 basando sus criterios en la posibilidad de crear un futuro más próspero, justo y seguro para la humanidad. Para el año 1987 enviaron un mensaje de alerta al mundo a través de los hallazgos encontrados en el informe: *Nuestro Futuro Común*. En este informe exponen dos problemas imperantes en la sociedad: la pobreza extrema y los daños al ambiente. Además trataron temas como la alimentación, población y recursos humanos, especies y ecosistemas, energía, industria y reto urbano. El mismo establece que se deben satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras (CMMAD, 1987). Asimismo se persigue lograr un equilibrio entre el desarrollo inteligente y el bienestar social, teniendo en consideración el nivel de acarreo del planeta Tierra para contrarrestar el impacto de la actividad humana.

Ante el creciente aumento en protestas de la ciudadanía, por los atropellos ambientales, el Gobierno del Estado Libre Asociado de Puerto Rico, como parte de su política pública, se compromete a asegurar y proteger que los sistemas naturales, sociales y económicos se desarrollen en un marco de sustentabilidad. La aprobación de la Ley Núm.9 de 18 de junio de 1970, conocida como la Ley Sobre Política Pública Ambiental

(enmendada como la Ley 416 el 22 de septiembre de 2004), declaró como política pública la importancia de implantar y desarrollar medidas para atender el problema sobre el manejo de los desperdicios sólidos. Su plan era establecer prácticas de manejo de manera que existiera armonía entre las actividades del ser humano con la naturaleza. De igual forma, lograr satisfacer las necesidades sociales y económicas de la población sin interferir con las necesidades futuras de las siguientes generaciones. Esta ley fue la pionera para atender de manera contundente los asuntos relacionados a la administración y protección del medio ambiente. La misma basó sus estatutos en el "profundo impacto de la actividad del hombre en las interrelaciones de todos los componentes del medio ambiente natural" y "la importancia crítica de restaurar y mantener la calidad del medio ambiente para el total bienestar y desarrollo del hombre".

Para poder fiscalizar de manera exitosa las funciones normativas relacionadas a la Ley de Política Pública Ambiental, la Junta Calidad Ambiental tiene la función de fiscalizar las acciones de las diversas entidades públicas y privadas para reducir de forma significativa sobre el ambiente. Esta agenciase le asignó la tarea de establecer el desarrollo socioeconómico de nuestra isla, de acuerdo a la óptima calidad del ambiente.

El 27 de junio de 1978, se creó la Ley para la Reducción y Reciclaje de los Desperdicios Sólidos en Puerto Rico (enmendada el 18 de septiembre de 1992), que establece que es política pública del Gobierno de Puerto Rico el desarrollo e implantación de estrategias económicas viables ambientalmente seguras que resulten en la disminución del volumen de desperdicios sólidos que requiera disposición final. Para poder fiscalizar y establecer técnicas y procedimientos para manejar los desperdicios sólidos de la Isla, se creó la Autoridad de Desperdicios Sólidos (ADS).

Los vertederos de la Isla son los recipientes principales de las elevadas cantidades de generación de desperdicios sólidos. El vertedero de la Arecibo, con una extensión de cerca de 100 cuerdas, recibe unas 220,000 toneladas de desperdicios al año (Consolidated Waste Service Corp, 2012). A medida que la situación económica mejora, el deterioro ambiental se incrementa. Nuestra condición de isla no permite que nos sigamos expandiendo, el espacio disponible para depositar basura es limitado. Es conocido que la falta de cumplimiento con las disposiciones de las leyes federales y de Puerto Rico sobre la protección ambiental ha agravado la situación de los sistemas de relleno sanitario (JCA, 2011). Los vertederos que no cumplen con estas disposiciones afectan el ambiente que incluye los recursos naturales existentes.

El vertedero de Arecibo se encuentra aledaño a uno de los humedales más grandes de la Isla, Caño Tiburones. Su valor ecológico se caracteriza por ser el hábitat de diversas especies de flora y fauna. Ayuda a preservar las costas y retener el agua de las escorrentías provenientes de lluvias y desbordes del Río Grande de Arecibo evitando inundaciones. Además, tiene importancia recreativa y económica ya que es fuente de alimento y madera. Desde 1970 se la JCA y ADS han procurado implantar procedimientos administrativos para aplacar el problema, pero los esfuerzos no han sido suficientes para minimizar el grado de contaminación en el área.

Entre 1965-1970, el Departamento de Salud de Puerto Rico, agencia responsable de reglamentar y fiscalizar los desperdicios sólidos, recibió ayuda económica para que hicieran los estudios pertinentes para determinar las dimensiones del problema de los desperdicios sólidos y desarrollara un Plan de Manejo de Desperdicios para Puerto Rico. Se demostró que las prácticas de almacenamiento, recolección y disposición final de

desperdicios sólidos en Puerto Rico contribuían a los siguientes problemas de contaminación ambiental (Rohena, 2010).

1. Contaminación atmosférica: en Puerto Rico se utilizaba la práctica de quemar a “campo-abierto” toneladas de desperdicios sólidos representando un problema potencial a la salud. Este tipo de quema produce grandes cantidades de humo, malos olores y descargas atmosféricas de contaminantes.
2. Contaminación de los abastos de agua: los desperdicios sólidos contienen sustancias como el benceno, cromo, etc., que pueden crear una fuente potencial de contaminación a los abastos de aguas superficiales y acuíferos.
3. Vectores biológicos: el término vector se refiere a cualquier agente (ej. ratas) que transporte enfermedades infecciosas. La acumulación de basura promueve la multiplicación de éstos.
4. Riesgos físicos y mecánicos: los desperdicios sólidos muy a menudo contienen desperdicios inflamables que en su descomposición química pueden incendiarse.
5. Destrucción de las bellezas naturales: los problemas de disposición van en detrimento a la imagen pública que Puerto Rico quería exportar.

En 1970 la Autoridad de Energía Eléctrica (AEE) realizó un estudio conocido como *Solid Waste Feasibility Study for the Generation of Energy for the Metropolitan Area of San Juan*, donde determinó la viabilidad de procesar desperdicios sólidos generados en el Área Metropolitana de San Juan para generar energía. Se conoce que en los municipios de Mayagüez y Ponce existían, para 1958, incineradores que procesaban pequeñas cantidades de basura doméstica. Estos pequeños incineradores estaban

ubicados en edificios de vivienda como por ejemplo el Edificio Darlington en Mayagüez. Aunque su funcionamiento no fue prolongado, años más tarde se ubicaron incineradores en distintos lugares como apartamentos y comercios. Como resultado del proceso de combustión, se propició un aumento en la contaminación ambiental, los malos olores y las sabandijas. Cabe mencionar que materiales derivados como las cenizas, vidrio y metales eran también resultado de este proceso por lo que representaba un problema su acumulación y necesidad de disposición.

Ante la crisis existente que enfrentan los vertederos en la Isla siguen surgiendo programas y propuestas para lograr una optimización de los espacios propuestos para disposición de desperdicios y evitar el cierre de éstas instalaciones. Antes las funciones de fiscalización se basaban en órdenes y multas administrativas, por lo que se buscaba un nuevo enfoque dónde predominara la colaboración multisectorial para que los dueños de SRS pudieran cumplir con la reglamentación designada. Para el año 2002, mediante un esfuerzo interagencial entre el sector privado y público se crea el proyecto *Operación Cumplimiento* (JCA, 2003). Este proyecto buscaba maximizar las operaciones y el uso de los espacios cumpliendo con las disposiciones ambientales, con el fin de salvaguardar la salud pública, proteger los recursos naturales y prolongar el tiempo útil de los vertederos. Este proyecto no obtuvo los resultados deseados por falta de fiscalización y recursos económicos.

Finalmente para el año 2008, la Junta de Calidad Ambiental, en coordinación con la Autoridad de Desperdicios Sólidos, desarrolló un plan estratégico conocido como el Plan Integral para la Recuperación de Recursos. Este plan propone y pondera la

instalación de infraestructura con tecnología avanzada para la generación de energía contribuyendo a la recuperación y reducción de materiales.

Marco teórico

Para el desarrollo de este proyecto de planificación, utilizamos como marco teórico los modelos racional y pluralista. Ambos complementan ideas y conceptos necesarios para poder desarrollar la investigación en este proyecto. El primer modelo a utilizarse será el racional, que según la interpretación de Charles Lindblom, en su escrito llamado *The Science of Muddling Through* (1959), se basa en un diseño metodológico para alcanzar cada de uno de los objetivos trazados (Lindblom, 2001). Utilizando el método racional, establecemos el problema que rodea la acumulación de cenizas y diseñamos una serie de pasos para lograr alcanzar una meta y obtener resultados deseados. La pertinencia de este modelo, utilizando el proceso de investigación científica, ayudará en la resolución del problema planteado.

Este modelo consta de seis pasos para resolver la situación que nos interesa. En primer lugar definimos cuál es la situación que amerita un cambio para así enfocar nuestros esfuerzos. Mientras más definido y claro esté, más fácil podremos establecer las prioridades. Es importante tener claro cuál es la meta (fin) y los objetivos necesarios para alcanzarla. Determinamos qué queremos obtener e idealizamos un diseño para saber cuán lejos o cerca estamos de la meta. Mientras vayamos alcanzando los objetivos más nos acercamos a cumplir con nuestra meta. Los objetivos deben estar en una secuencia lógica para así acortar la distancia hacia la meta. En este proyecto diseñamos las alternativas de intervención, donde analizamos todas las alternativas de cursos de acción. En esta fase se recolectan datos que sean relevantes y fiables. Aquí se hace una tormenta

de ideas con posibles alternativas de intervención. Escogemos el curso de acción viable para resolver el problema. Esto se hace a base de la información recolectada en el paso anterior (Lindblom, 2001).

Cuando procedemos a ejecutar el plan de acción tomamos en cuenta factores como: costo, recursos tangibles (humano, infraestructura, tecnología) e intangibles (capacidad de conocimiento, capacidad cultural, estructura organizacional), el tiempo. Al final seleccionamos el curso de acción más viable para poder solucionar el problema. También determinamos quién hace qué, cuándo y cómo debe estar hecho y asegurarse que todo esté en control y en tiempo para obtener los resultados esperados. En la última etapa del proceso es cuando obtenemos resultados funcionales y tangibles. Durante esta fase comprobamos si la selección del curso fue la más favorable para resolver el problema. Si los resultados obtenidos no son los que esperábamos, retrocedemos y vamos al paso donde fallamos. Se puede dar el caso que no definimos bien el problema y resulta que existía otro problema oculto y sólo estábamos atacando los síntomas y no la raíz de la situación. También se puede presentar que en la selección del curso no se tomó en cuenta cierto factor y los resultados no fueron aceptables (Lindblom, 2001).

Modelo Pluralista “*Advocacy Planning*”.

El modelo Pluralista es uno de acción participativa donde las personas se involucran en la toma de decisiones ya sea aportando ideas u oponiéndose. En este modelo el planificador tiene el rol de ser mediador, negociador y facilitador entre las partes involucradas (Davidoff, 2001). Una dificultad que se presenta en los programas de acción participativa es que los ciudadanos se prestaban más a reaccionar ante las propuestas de la agencia que a proponer sus acciones, intereses e ideas, ya que son ellos

los que eventualmente se verán afectados de alguna manera. Por eso es conveniente que para llegar a una decisión el planificador posea buenas destrezas de negociador esto debido a que su labor va dirigida a múltiples intereses.

Este modelo de planificación propone además que se le facilite, temprano en el proceso toda la información necesaria a la comunidad involucrada para que ellos puedan aportar y participar en la toma de decisiones. En Puerto Rico, bajo la Ley de Política Pública Ambiental, artículo 4C, se requiere que las agencias de gubernamentales incluyan en sus decisiones la participación ciudadana (Rohena, 2006). De esta manera, el proceso sería más efectivo ya que las alternativas serían fuertemente apoyadas por las partes y/o existirían más alternativas viables.

La aplicación de ambos modelos nos ayudará a ser más eficientes y eficaces teniendo en cuenta el factor riesgo que enfrentaremos. Utilizando cada uno de los pasos de este proceso ahorramos tiempo y recursos, a la vez que obtendremos resultados importantes para resolver el problema.

Marco conceptual

La utilización apropiada de conceptos para realizar este proyecto nos ayudará a tener una idea más clara sobre la estructura en la que se basa la investigación. Los siguientes conceptos serán base de los argumentos presentados en este trabajo.

Desarrollo sostenible

Durante la década de los años 80, se evidenció un mayor grado de conciencia sobre los efectos adversos causados al ambiente. Para esta década, surgió el debate sobre cómo satisfaremos nuestras necesidades presentes sin agotar los recursos naturales comprometiendo el futuro de las próximas generaciones (Comisión Mundial del Medio

Ambiente y del Desarrollo, 1988). Grupos de expertos en temas ambientales fueron consultados para crear el Informe Brundlant de 1987. En este informe se expone el concepto de la sostenibilidad aplicándolo al desarrollo socio económico. La Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo, establece que en el *desarrollo sostenible* se utilizan diversas estrategias y herramientas que responden a cinco requisitos: la integración de la conservación y el desarrollo, la satisfacción de necesidades básicas del humano, el logro de la equidad y la justicia social, la provisión para la autodeterminación social o diversidad cultural y el mantenimiento de la integridad ecológica.

Según el modelo de sostenibilidad de Campbell (1996) explicó, de una manera sencilla, las prioridades en la planificación, muestra que para que exista un desarrollo sostenible tiene que darse un marco de equidad entre los conceptos de crecimiento económico, justicia social y preservación/conservación. Los tres conceptos, expresados haciendo uso de la figura de un triángulo, deben de coexistir en el mismo grado de igualdad.

La necesidad de un crecimiento económico para que las personas puedan satisfacer sus necesidades materiales, teniendo en cuenta que los recursos naturales son limitados y su uso y aprovechamiento debe ser beneficiosa, razonable y óptima. También es necesario que haya justicia social y que todos puedan recibir el mayor beneficio posible y disfrute sin comprometer sus necesidades. Completando el triángulo está la preservación/conservación de los recursos naturales, tomando en cuenta que son necesarios para satisfacer nuestras necesidades y que se encuentran en cantidades limitadas, y debemos saber cómo maximizar su uso, sin comprometer la capacidad de satisfacer las necesidades de las generaciones futuras. La sostenibilidad se encuentra en

el centro de estos tres conceptos. Esta no se puede alcanzar sin lograr vencer los conflictos que existen en el triángulo. Los planificadores juegan un rol de mediador entre los distintos intereses envueltos, para así lograr un equilibrio y alcanzar la sostenibilidad deseada.

Tomando como referente el Modelo de sostenibilidad de Campbell (1996), podemos aplicarlo a la definición de desarrollo sostenible en Puerto Rico. Primero el planificador se enfoca en el crecimiento económico donde el consumo, la producción, la distribución y la innovación tienen prioridad. Las tres partes del triángulo están en continua interrelación y conflicto. El primer conflicto que se presenta es el interés privado versus el bien público. Esto crea un conflicto de propiedad donde hay una competitividad y resistencia entre las dos partes, pero es obvio que las dos se necesitan para subsistir. Aquí la empresa tiene que decidir en reducir sus ganancias para poder darle a la sociedad beneficios: mejores salarios y beneficios marginales. Otro conflicto que se crea es el de los recursos naturales. Muchos negocios resisten la reglamentación de su práctica por sus actos de explotación de la naturaleza. Estos tienen que reducir sus ganancias para no agotar con los recursos naturales existentes, ya que son limitados.

Los conceptos que conforman un desarrollo sostenible, se deben aplicar de forma equitativa para lograr una armonía entre lo social y natural, obteniendo prosperidad económica. Para lograr este importante balance se necesita una planificación inteligente donde se integren los tres conceptos. Los avances en la tecnología, el nivel de capacidad del ambiente para absorber el impacto negativo y sus recursos finitos, limitan el desarrollo económico y el bienestar social. Es imperativo que los mejoramientos en la

tecnología vayan atemperados con el ambiente para contrarrestar los efectos negativos de las actividades antropogénicas.

Alcanzar un desarrollo económico perdurable, sin afectar de forma negativa el ambiente natural y por consiguiente al ámbito social es difícil. Lo que pretendemos es lograr un desarrollo inteligente y respetuoso con el ambiente. El desarrollo tiene que ver con el mejoramiento de la calidad de vida de las personas. Este busca aumentar la habilidad de cada uno para satisfacer sus necesidades. Para lograrlo es importante crear un modelo de desarrollo que haga que las personas obtengan habilidades para poder satisfacer sus necesidades materiales y las no materiales a largo plazo. Por lo tanto, si establecemos metas viables conseguimos un balance entre los distintos aspectos que conforman el desarrollo sostenible.

Sistema de recuperación de recursos

Los desperdicios se clasifican en: sólidos municipales, producto de la construcción, bio-médicos, peligrosos y electrodomésticos (UNEP, 2009). Para este trabajo de investigación fue necesario definir los *desperdicios domésticos peligrosos*. De acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, un desperdicio es considerado como peligroso y sujeto a regulaciones si muestra una o más de las siguientes características: a) inflamabilidad, b) corrosividad, c) toxicidad, d) reactividad (Malandrakis, 2008).

Como medida para reducir la cantidad de desperdicios sólidos generados, se utiliza el proceso de combustión controlada o incineración. La basura pasa por un proceso de separación donde metales, vidrios y otros materiales son removidos para reciclaje. La cantidad restante es incinerada y el resultado son cenizas de *cama*

fluidizadas. Este proceso controla las emanaciones a la atmósfera por medio de tecnología como dispositivos que asperjan los gases ácidos, y filtros para remover particulado (Giglio & Wehrenberg, 2009).

De acuerdo con Mahoney, Pierce & Sutin (1997), el proceso utilizado para eliminar la mayor cantidad de dioxinas se segmenta en seis pasos: a) se clasifican los desperdicios para remover materiales no deseados (ej. aceite, metales, plaguicidas, venenos, electrodomésticos grandes y materiales que no son apropiados para trituración); b) se utiliza un imán para crear Combustible de Basura Procesada (PRF, por sus siglas en inglés), separando los metales y se procede a triturar; c) ocurre la suspensión de partículas mediante soplo, permitiendo la combustión de una mayor porción de desperdicios; d) se aplican prácticas eficientes de combustión determinadas por la EPA; e) el proceso de enfriamiento del gas de combustión permite la reducción de dioxinas por unidad; f) mediante tecnología de filtros de lona secantes y absorbentes se reduce la contaminación del aire.

Utilizando este tipo de tecnología para tratar las cenizas, se argumenta que sea segura, por medio de estrictas normas de salud, los bajos niveles de toxicidad y en algunos casos hasta indetectables. Al ser mezclados con el cemento, se reducen las emanaciones de tóxicos al ambiente, cumpliendo así con los parámetros mínimos de calidad de aire de la EPA.

Estudios de casos

En muchos países del mundo se utiliza el proceso de combustión como una alternativa para el manejo de los desperdicios sólidos. Existen sobre 102 instalaciones operando en los Estados Unidos. Todas estas plantas generan una gran cantidad de

cenizas que son tratadas. Los metales son removidos para así neutralizar los tóxicos existentes en ellas; de manera que no amenace al ambiente ni a los seres humanos. Estos países, en su mayoría, han advertido una oportunidad de desarrollo reciclando las cenizas para elaborar productos de construcción.

Planta de recuperación SEMASS, Massachusetts

En la ciudad de Cape Cod en el estado de Massachusetts se construyó en el 1989 una planta de Recuperación de Recursos (SEMASS). Según Energy Answers (2010) en Massachusetts las cenizas recogidas en la caldera, producto de la incineración, son 100% reciclables. Para garantizar el proceso de tratamiento de las cenizas y se implementaron estrategias antes de la combustión. En colaboración con el gobierno estatal crearon un plan de separación de materiales, emplearon campañas para educar a la ciudadanía en el tema del reciclaje y crearon centros de acopio para recolectar materiales no procesables en la planta (Covanta Energy, 2009).

Cabe destacar, que la ciudad de Boston, Massachusetts, mediante un programa de intercambio de termómetros de mercurio, logró recolectar cerca de 4,500 utensilios entre septiembre de 2001 y agosto de 2002. El éxito de este programa fue el resultado de la planificación de localizar y alcanzar a gran parte de la población mediante múltiples pequeños centros de recolección durante 3 a 5 horas. Centros de salud, farmacias, escuelas, oficinas gubernamentales sirvieron por varias horas como centros de intercambio de termómetros de mercurio por termómetros digitales.

De acuerdo con la página de Internet de Energy Answers (2010), la planta de SEMASS produce 100,000 toneladas de agregado al año. El agregado producido de la ceniza puede ser utilizado en bloques de concreto, superficies en la carretera y otras

aplicaciones en la construcción. Esta facilidad de recuperación de recursos y su tecnología han sido reconocidas por ser grandes contribuyentes para una mayor calidad ambiental y estabilidad económica.

En muchas partes de los Estado Unidos existen construcciones en hormigón de alta resistencia que utiliza adición de cenizas para la mezcla de cemento. Energy Answers (2008) destacó que el edificio del Water Tower Place de Chicago tiene esta composición de ceniza y cemento. Esta obra de la arquitectura se construyó en 1975 con una altura de aproximadamente 860 pies; para los pilares se utilizaron una mezcla de 560kg/m^3 de material cementoso y un 10 % de cenizas secas. Energy Answers (2008) mencionó que en el Columbia Center se emplearon 460kg/m^3 y un 15 % de cenizas (20 % en peso del cemento) para tener una mezcla de alta resistencia.

Utilización de cenizas en Malasia

De acuerdo con Karim, Zain, Jamil, Lai & Islam (2011), en Asia, específicamente en Malasia, se utilizan grandes cantidades de hectáreas para la siembra de una planta ornamental (*Elaeisguineensis*) que luego de extraerle el aceite a la palma fresca se quemam miles de toneladas de fruta de palma. La combustión ocurre dentro de unas instalaciones de conversión de basura a energía. A medida que ocurría un alza en la demanda en la industria del aceite de palma, la acumulación de cenizas aumentaba gradualmente.

Los depósitos de cenizas en un vertedero abierto en Malasia comenzaron a ser una potencial amenaza para el ambiente y la salud humana. No obstante, expertos se dieron a la tarea de buscar alternativas viables de uso para este residuo. Encontraron que mediante un proceso adecuado las cenizas, producto de la incineración podían ser

condicionadas para ser utilizadas como ingrediente en la mezcla de concreto. Sustituyendo parcialmente una cantidad de cemento Portland por cenizas se puede obtener una mezcla de concreto altamente duradera y resistente. Investigadores de la Universidad Tecnológica de Malasia han logrado producir bloques de concreto utilizando de 10 a 20% de cenizas en su mezcla. Estos bloques cumplen con los estándares requeridos de resistencia y excelente durabilidad (Karim et al., 2011).

Cabe destacar que la práctica empleada por este país asiático no es una compatible con el concepto de sostenibilidad que queremos presentar en este proyecto, debido a la destrucción de miles de cuerdas de jungla tropical. Utilizamos este estudio de caso por la afinidad con la alternativa presentada de utilizar las cenizas como agregado en la mezcla de cemento en lugar de depositarlas en un SRS.

Utilización de cenizas de fango

Otros países como Reino Unido y Japón utilizan las cenizas del fango, producto de la incineración como tratamiento de aguas usadas municipales, para la elaboración de ladrillos y losas de cerámicas (Gunn, Dewhurst, Giorgetti, Gillot, Wishart & Pedley, 2004). La ceniza se utiliza como aditivo o sustituto de la arena y la arcilla, reduciendo así la extracción de este mineral. Al final del proceso se obtiene un producto confiable para la construcción, donde la dureza y apariencia no se ven afectadas (Gunn et al., 2004).

Son muchos los países alrededor del mundo que utilizan estas prácticas como alternativa para darle solución a un problema ambiental. Su objetivo incluye ofrecerle a la población local un desarrollo sostenible a la misma vez que contribuye a mejorar la calidad del entorno y brindarle una inyección económica. A través de la recuperación y

reutilización de este material se consiguen materiales de excelente calidad que lograría crear una red de industrias que beneficiarían tanto al sector público como privado.

Estos estudios de caso nos ayudan a tener una visión más amplia de las prácticas utilizadas en otros países. No obstante, es vital destacar que deben ser aplicadas ajustándolas a nuestro contexto isleño.

Marco legal

Con el propósito de asegurar la estructura y el diseño de la investigación utilizamos una serie de leyes federales y estatales, para proporcionar la base reglamentaria sobre la cual esta investigación se construye. El alcance de la legislación y reglamentos vigentes define el contexto de investigación y propuestas de este proyecto. Los estatutos utilizados forman parte del Código de Regulaciones Federales (CFR) y otros de las Leyes de Puerto Rico Anotadas (LPRA), así como de los Reglamentos adoptados por las agencias gubernamentales que regulan los estándares de calidad y manejo sobre residuos potenciales que afectan la calidad de los recursos naturales.

Resource Conservation and Recovery Act 1976 (RCRA, 42 U.S.C. § 3001)

Esta ley tiene como objetivos el proteger la salud y el medio ambiente, reciclando y reduciendo los desperdicios sólidos para la conservación de energía. Establece en el subtítulo C No. 40 CFR (*U.S Code for Federal Regulatios*) 261.4(b) (4) que las cenizas producto de la combustión están consideradas como *desperdicios no peligrosos*.

Resource Conservation and Recovery Act (RCRA. 42 USC. § 3006)

Bajo esta sección se requiere que los Estados autorizados para administrar el Programa de Manejo de Desperdicios Peligrosos Federal tengan la información

disponible al público. Esto permite a la ciudadanía a tomar acciones civiles o criminales en caso de violación de cualquier reglamento o disposición legal.

Ley de Aire Limpio (*Clean Air Act*), según enmendada en 2008. Título 42 Capítulo 85: Contaminación del Aire y Control §7401

Ley federal que regula las emanaciones de contaminantes a la atmósfera de fuentes estacionarias y móviles. Entre otras cosas, autoriza a la Agencia de Protección Ambiental a establecer estándares de calidad del aire para proteger la salud pública y ambiental. Esta ley ha sido la precursora de la implantación de medidas y planes estatales para alcanzar con los estándares requeridos por la EPA.

Ley Núm.416 de 22 de septiembre de 2004, Ley Política Pública Ambiental

Esta Ley declara como política pública la utilización de "todos los medios y medidas prácticas con el propósito de alentar y promover el bienestar general, para crear y mantener las condiciones bajo las cuales los seres humanos y la naturaleza puedan existir en armonía productiva y cumplir con las necesidades sociales y económicas y cualesquiera otras que puedan surgir con las presentes y futuras generaciones de puertorriqueños. Establece que tanto el Gobierno como sus municipios, en cooperación con las entidades y organizaciones públicas y privadas que estén interesadas, deben de alentar y promover el bienestar general, para poder crear y mantener las condiciones que se necesitan para que el hombre y la naturaleza puedan existir en armonía productiva. Por lo que todas las entidades gubernamentales tienen el deber de interpretar, administrar e implementar las leyes y reglamentos en conformidad con dicha Ley. Bajo esta ley se crea La Junta de Calidad Ambiental (JCA) cuya función fiscalizar por el estado y

condición del aire, del agua, de los bosques, de los humedales y del medio ambiente urbano.

Ley Núm.267 de 10 septiembre de 2004, La Ley de Política Pública de Desarrollo Sostenible

Dicha legislación tiene como propósito promover un desarrollo sostenible para los ciudadanos de Puerto Rico. Fomenta el alcanzar una calidad de vida deseada sin lacerar la estabilidad de nuestro ambiente. Establece la necesidad de avanzar hacia un desarrollo inteligente, donde el ser humano tenga una vida sana y productiva en armonía con la naturaleza.

La Ley de Política pública de Desarrollo Sostenible, tomando en cuenta nuestra condición de isla con limitaciones de espacio, expone que las actividades económicas se hagan dentro de los parámetros que fomenten un equilibrio entre lo social y el ambiente.

Ley Núm.73 de 28 de mayo de 2008, La ley de Incentivos Económicos para el Desarrollo de Puerto Rico

Creada con fines de proveer el ambiente y las oportunidades adecuadas para continuar desarrollando una industria local; ofrecer una propuesta contributiva atractiva para atraer inversión directa foránea y fomentar el desarrollo económico y mejoramiento social de Puerto Rico. Su interés es dar una extensión prioritaria al empresario emergente, para apoyar su desarrollo y crecimiento que integre los eslabonamientos de nuestra economía y las cadenas de valor añadido.

Ley Núm.411 de 8 de octubre de 2000, La Ley para la Reducción y Reciclaje

La aceptación de este estatuto decreta el desarrollo e implantación de estrategias económicamente viables y ambientalmente seguras que resulten en la disminución del volumen de desperdicios sólidos que requerirá disposición final. Adicional a esto

establece que se mejoren las prácticas de manejo y disposición para reducir el uso de vertederos. Para lograr esto, expone la utilización de tecnología e implantación de sistemas para la reducción de los desperdicios sólidos que se generen y la recuperación de materiales con potencial de ser reutilizados y devueltos a las economías como producto o materia prima. Además la Ley busca crear programas educativos que promuevan que distintos sectores se involucren en actividades de reciclaje y recuperación.

Junta de Calidad Ambiental. Resolución 11-16-5

Esta resolución fue aprobada por la Junta de Calidad Ambiental y puesta en vigor el 20 de octubre de 2011. La misma determina el cierre de los 29 sistemas de relleno sanitario que operan actualmente en Puerto Rico, si no cumplen con los requerimientos federales y estatales en un período de 36 meses.

Autoridad de Desperdicios Sólidos. Orden Ejecutiva 2007-48

La misma fue creada para promover la reducción del uso del vertedero como método de disposición y manejo principal de los residuos sólidos en Puerto Rico. Aprobada el 2 de noviembre de 2007, ordena la reducción del uso de los SRS como alternativa principal para disponer los residuos generados en el país. Bajo esta orden se desarrolló el Itinerario Dinámico de la ADS para lograr estrategias de buen manejo de los desperdicios sólidos en el País.

Autoridad de Desperdicios Sólidos Orden Ejecutiva 2007-12

Esta orden se creó para ordenar a todas las entidades gubernamentales a establecer un programa de reciclaje e implantar las disposiciones de la ley 411. A través de ella, el Gobernador del Estado Libre Asociado impone a todas las agencias gubernamentales a establecer un Programa de Reciclaje e implantar los preceptos decretados en la Ley 411,

Reducción y Reciclaje de los Desperdicios Sólidos en Puerto Rico. La misma fue aprobada el 2 de abril de 2007.

Ley Núm.109 de 12 de julio de 1985

Esta ley según enmendada, tiene como fin promover el uso de productos de construcción manufacturados en Puerto Rico con materiales reciclables como es el bloque de escoria o *cinder blocks*. El 4 de enero de 2005, el representante Silva Delgado presentó un proyecto de la Cámara. Dicho Proyecto de Ley (P. de la C 310) fue creado para estimular el reciclaje de materiales, promoviendo alternativas para la disposición de los desperdicios sólidos en los vertederos. Su propósito era adicionar el inciso (g) al Artículo 1 de la Ley 108 del 12 de julio de 1985, a fin de promover el uso de productos de construcción manufacturados en Puerto Rico con materiales reciclables como el de cenizas.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

La meta de este proyecto fue desarrollar estrategias para que las cenizas producidas en el proceso de conversión de residuos a energía alterna por la planta propuesta para Arecibo sean utilizables manteniendo niveles apropiados de seguridad. Así las mismas puedan ser utilizadas en la elaboración de materiales de construcción para que no terminen depositadas en un vertedero. De esta manera, buscamos evitar que la acumulación potencial de las cenizas de caldera afecte la salud pública y ambiental de las comunidades aledañas a la planta de conversión y a los rellenos sanitarios.

Estudio situacional

Para desarrollar las estrategias para la utilización de cenizas, producto de la incineración, en la elaboración de bloques de concreto en Puerto Rico, utilizamos el caso del proyecto en etapa de planificación, que será localizado en un predio industrial de aproximadamente 82 cuerdas. Este predio fue utilizado en el pasado para la producción de papel, el cual está localizado en el Km. 73.1 de la Carretera Estatal PR-2 en el Barrio Cambalache de Arecibo (Figura 1). El mismo contará con áreas completamente encapsuladas para el recibo y procesamiento de desperdicios, la recuperación de energía y la operación del procesamiento de ceniza (Energy Answers, 2010).

Objetivos

Para lograr alcanzar la meta trazada en este proyecto de investigación, pretendemos conseguir los siguientes objetivos:

1. Determinar los factores críticos del proceso de preparación de la materia prima para el cumplimiento con las normas de calidad establecidas para Puerto Rico.
2. Evaluar el proceso de producción de las cenizas para establecer diferencias entre la planta de Rochester, Mass. y los de Arecibo.
3. Evaluar el contenido de documentos (vistas públicas, periódicos y DIA) sobre la Planta de Recuperación de Recursos y Generación de Energía para desarrollar estrategias educativas

Fuente de datos

Para cumplir con la metodología establecida de esta investigación, obtuvimos la información de las siguientes fuentes secundarias:

1. Agencia de Protección Ambiental:
 - Ley RCRA 42 del año 1976.
 - Document of Characterization of MSW in U.S.A. del año 1996.
 - Vistas públicas de agosto, 2012)
2. Agencia de Protección Ambiental Massachusetts: Ley para el manejo del Mercurio del año 2006.
3. Junta de Calidad Ambiental:
 - Operación Cumplimiento (R-03-17-7) en el año 2003.
 - Resolución 11-16-5 del año 2011.
4. Instituto Estadístico de Puerto Rico: Producción de ventas de cemento en Puerto Rico para el año 2011
5. Energy Answers:
 - Declaración de Impacto Ambiental (2010)

- *SEMASS Proven Experience* Video (2010)
 - Material Separation Plan for Diversion of Mercury (2009)
6. Proyecto Corporativo de Indización de Periódicos de Puerto Rico (PCIP): 2009-2011
- a. *El Nuevo Día*
 - b. *El Vocero*
 - c. *Primera Hora*
 - d. *Claridad*
2. Administración de Desperdicios Sólidos:
- a. Orden Ejecutiva 2007-12 del año 2007.
 - b. Orden Ejecutiva 2007-48 del año 2007.
 - c. Ley para la reducción y reciclaje de los desperdicios sólidos del año 2000.
3. Investigadores:
- a. Estudio de caracterización de los desperdicios sólidos en Puerto Rico (Wehran, 2003).
 - b. Conferencia: Mínimo de dioxinas con una recuperación máxima de recursos (Mahoney et al, 1997).

Diseño metodológico

En la metodología de este proyecto, utilizamos el modelo de la investigación cualitativa, en el que utilizamos el análisis documental y el estudio de caso. El estudio de caso nos ayuda a producir información preliminar para realizar investigaciones más abarcadoras posteriormente (Lucca & Berríos, 2009). Las técnicas de recopilación de información fueron el análisis de documentos de tres fuentes distintas para triangular la

información (material audiovisual, documentos públicos y periódicos). Según Creswell (2009), la investigación cualitativa se nutre de diferentes fuentes de información que debe ser analizada profundamente. Este modelo nos ayudó a determinar cuáles acciones eran requeridas para elaborar estrategias que ayudarán a garantizar el proceso de tratamiento de las cenizas para ser utilizadas como agregado.

Factores críticos a ser considerados en la elaboración de cenizas

Para que las cenizas estuvieran libres de materiales peligrosos que afectaran su composición, fue necesario determinar los contaminantes presentes en la basura que llegaban a los vertederos. Era preciso determinar los factores críticos del proceso de preparación de la materia prima para el cumplimiento con las normas de calidad establecidas para Puerto Rico. Mediante la interpretación de información recopilada disponible sobre la experiencia de plantas de recuperación existentes y reglamentaciones implantadas para este tipo de tecnología, pudimos conocer aquellos contaminantes que son altamente tóxicos y que afectan el resultado del proceso de combustión. Una vez revisada la información pertinente, encontramos documentación sobre los materiales tóxicos que se recogen a diario en las comunidades y que terminan depositados en los vertederos de la Isla.

Planta de Arecibo y SEMASS

Para cumplir con nuestro segundo objetivo de evaluar el proceso de producción de las cenizas para establecer comparaciones entre la planta de Rochester, Mass. y la de Arecibo, utilizamos información presentada en la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) de la Planta de Arecibo y el Plan de separación de materiales del estado de Massachusetts. Revisamos literatura disponible sobre prácticas empleadas, así como un

recorrido virtual de la compañía Energy Answers en su planta en el estado de Massachusetts. Este recorrido virtual nos explica cómo es el funcionamiento de dicha planta y los controles que utilizan para minimizar los tóxicos en las cenizas, que luego utilizan como agregado en la fabricación de bloques de cemento. Además como parte de los objetivos comparamos, en una tabla, los esfuerzos y estrategias implementadas en SEMASS con las que proponen utilizar en el municipio de Arecibo.

Análisis de percepción ciudadana

Nuestro último objetivo evaluó el contenido de documentos (vistas públicas, periódicos y DIA) sobre la Planta de Recuperación de Recursos y Generación de Energía para desarrollar estrategias educativas. Para esto, hicimos una búsqueda de noticias relacionadas a la Planta de recuperación de Arecibo durante los años 2009-2011. Utilizamos el sistema de indización, conocido como PCIP, donde se indizan los periódicos de circulación nacional. La búsqueda de noticias utilizó la palabra clave *incineradora*. Bajo esta categoría apareció una lista de títulos de noticias y de ella identificamos los reportajes de los años seleccionados. La mayor parte de estas noticias eran reportajes pertenecientes a los siguientes periódicos: *Primera Hora*, *El Vocero* y *Claridad*. Procedimos a buscar la totalidad de las noticias para el análisis de contenido. Una vez las leímos y las analizamos, las dividimos en tres categorías: *demandas ciudadanas*, *informativa* y *acción gubernamental*. Estas clasificaciones nos ayudaron a triangular la información necesaria para saber hacia dónde dirigir las estrategias educativas.

Para conocer más de cerca la participación ciudadana en los procesos de planificación, buscamos información sobre los procesos de vistas públicas. Mediante una

llamada telefónica, hablamos con el Sr. John Aponte de la EPA en Puerto Rico, y éste nos dio a conocer los resultados de la participación ciudadana en cada una de las tres vistas públicas ofrecidas por la Agencia.

Siguiendo este modelo de métodos, nos ayudó a tener un mejor entendimiento del problema. De esta manera, tuvimos un mejor panorama del problema para poder determinar las estrategias adecuadas, de acuerdo a los hallazgos de esta investigación.

Técnicas de análisis

Hicimos un análisis de contenido de documentos y noticias sobre la planta de recuperación de energía de Arecibo y el uso de cenizas para la elaboración de bloques de cemento. Este análisis de información redundante en una descripción detallada del escenario y del caso (Lucca & Berríos, 2009). Según analizamos la información, desarrollamos categorías en cuanto a los factores críticos para establecer los criterios de seguridad en el proceso de las cenizas. También establecimos categorías emergentes de las noticias recuperadas en la prensa sobre el estudio caso.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DEL PROBLEMA

La Planta de generación de energía y recuperación de recursos propuesta para Arecibo procesará 2,100 toneladas por día de materiales no reciclables. Este material será reducido a un 7% del peso total en cenizas. Este residuo será 100% reusable por lo que podrá ser utilizado en la elaboración de materiales de construcción. Sin un buen plan de manejo de los factores críticos nos enfrentaríamos a la situación de procesar los desperdicios con un alto contenido de toxicidad, de manera perjudicial para el ambiente y la salud pública. Así también se desperdiciarían tiempo y dinero en nuevos tratamientos para este subproducto de la incineración. Por tal razón, analizamos los siguientes elementos críticos.

Análisis de factores críticos

Para asegurar que este residuo de la combustión sea utilizable es necesario desviar los elementos críticos de los desperdicios sólidos que entran a la Planta. El estudio realizado por Wehran-PR, Inc. (2003) muestra la composición de los desperdicios sólidos que se encuentran en los vertederos de Puerto Rico. Los hallazgos de Wehran- PR, Inc. demostraron que los materiales que serán procesados en la Planta de Arecibo son desperdicios domésticos no peligrosos. De acuerdo con los resultados de la investigación, los niveles de toxicidad presentes en las cenizas son controlados por parámetros de calidad establecidos por la EPA. Encontramos información sobre la presencia residuos de metales como plomo, mercurio, arsénico, bario, cadmio y cromo. Estos niveles de toxicidad cumplen con los parámetros necesarios, de manera que

garantizan su uso potencial y grado de seguridad de los productos elaborados a base de cenizas (Mahoney, Pierce & Sutin, 1997). Para demostrar la ausencia de peligrosidad en las cenizas, la EPA desarrolló un proceso de análisis. El propósito es medir o evidenciar el nivel de toxicidad de los productos derivados, caracterizando los componentes de las cenizas utilizadas. Este tipo de acercamiento busca crear una fuente de materiales reciclados y a la vez reducir la demanda de recursos naturales.

Una vez se reciban los residuos en la planta (Figura 2), se clasificarán los desperdicios entre reciclables y no reciclables. Los materiales reciclables, bajo los criterios de la EPA, no serán procesados en la Planta y serán dirigidos, como establece el Programa de Desvío, a los distintos mercados para alcanzar la meta del 35% de reciclaje. Otros materiales que tampoco serán procesados en la Planta de Arecibo son: pinturas, envases con aceites usados, baterías, solventes y el mercurio presente en las lámparas fluorescentes, en electrodomésticos y termómetros (Tabla 1).

El Plan de Separación de Massachusetts destaca el desvío de los desperdicios domésticos peligrosos ya mencionados. Los termómetros de vidrio son los utensilios, que contienen mercurio, más reconocidos por la ciudadanía. Estados Unidos prohibió la venta de estos termómetros en el 2007, pero se cree que todavía muchos hogares, por desconocimiento los usan. Por otro lado, estudios realizados por la EPA demuestran que las bombillas fluorescentes contienen 5% de mercurio por lo que representan una fuente de contaminación a la salud y al ambiente.

El mercurio es uno de los factores críticos que destacamos en este trabajo de investigación, el cual debe ser considerado a la hora de recoger la materia prima. Sin embargo, la Declaración de Impacto Ambiental de la Planta de Arecibo no lo contempla.

Cabe destacar que en la DIA de Arecibo, sí se vislumbra un plan de separación de elementos críticos como las baterías, pinturas, aceites usados y solventes, etc. Este plan se basa en un día de recogido especial, lo que entendemos que es poco efectivo debido a que muchas familias no tienen la capacidad ni el espacio para manejar y almacenar estos residuos por tanto tiempo. Para esto, identificamos estrategias necesarias para evitar que lleguen a la Planta.

Análisis de los documentos Energy Answers: Massachusetts Mercury Management Act y Plan de separación de materiales

Evaluamos el reglamento para el manejo de productos con mercurio, conocido como Massachusetts Mercury Management Act (2006). Este establece que todos los productos que contengan mercurio deben ser notificados al Departamento de Protección Ambiental del Estado. Además, menciona las guías necesarias para recolectar materiales y/o equipos con mercurio, y hace énfasis sobre educar a la ciudadanía sobre la importancia de reciclarlos.

De acuerdo con el Plan de separación de materiales de Massachusetts, encontramos algunas de las estrategias implantadas por el Departamento de Protección Ambiental de Massachusetts para evitar que materiales clasificados por RCRA como peligrosos no sean procesados en la Planta. Entre los desperdicios peligrosos o factores críticos depositados en los vertederos, el mercurio presente en los termómetros caseros, electrodomésticos y en bombillas fluorescentes (CFL) son una amenaza potencial a la salud pública y ambiental (Shoemaker, & Ghaemghami, 2003). Se estima que más de 17 toneladas de mercurio se depositaron en los pasados años en los vertederos municipales del estado de Boston.

Luego de obtener esta información, redactamos una tabla comparativa de las estrategias utilizadas para el manejo de los factores críticos o desperdicios peligrosos encontrados en SEMASS vs los encontrados en el proceso de separación presentados en la DIA de Energy Answers, Arecibo (Tabla 2). Establecer un día de recogido especial de materiales y los programas de educación son estrategias utilizadas en Massachusetts y contempladas en la DIA para la Planta en Arecibo. Sin embargo, encontramos que el mercurio, ni su manejo apropiado están considerados, de manera eficiente, en este documento, por lo que hace necesario la redacción e implantación de reglamentos y guías para su disposición. Otras actividades que identificamos que no están presente en la DIA de Arecibo sobre el funcionamiento de la Planta, fueron la ausencia de campañas de intercambio de termómetros entre la ciudadanía, el cobro de tarifas de acuerdo a la cantidad de material llevado a la planta conocida como *put or pay*. Estas tarifas van a depender de la cantidad de material que se deposite. Este procedimiento consiste en establecer tarifas a los municipios para que se esfuercen en reducir la cantidad de desperdicios que depositan en estas instalaciones. La DIA de Arecibo no posee la reglamentación estatal adaptada a esta nueva tecnología. El estado de Massachusetts cuenta con reglamentación apropiada enfocada al manejo y el desvío del mercurio presente en electrodomésticos. Además disponen de estaciones recolección a lo largo de todo el estado. Otra práctica que no es considerada para Arecibo, pero que sí es utilizada en Massachusetts es el intercambio de termómetros. Esto porque se presume que la fabricación de termómetros con mercurio se eliminó en el 2007.

Encontramos que en Massachusetts posee centros de recolección de materiales a lo largo del Estado y guías de información sobre la localización de éstos. Cuenta además

con estaciones de recolección o *drop offs*, cerca de comunidades, que permiten la participación ciudadana.

Es vital para el éxito de este proyecto de investigación identificar los mercados de reciclaje existentes en la Isla. Actualmente, existen centros de acopio y empresas dedicadas al reciclaje. Cada una de estas empresas se especializa en un solo material. Establecer estos centros con las guías de ubicación de estos mercados es de suma importancia para que se desarrolle un buen manejo de los desperdicios que no son procesados por la Planta.

Localizamos cerca de 100 mercados dedicados al reciclaje en Puerto Rico, lo que nos demuestra el poco alcance que ha obtenido el reciclaje en la Isla. Referente a los centros de acopio, encontramos 8 centros de acopio, uno en cada de los pueblos aledaños al municipio de Arecibo (Tabla 3). Son muchas las personas que no tienen el espacio para separar y a la vez almacenar los residuos de manera segura. Los contenedores en las comunidades y los centros de acopio son un buen complemento para lograr que los mercados tengan la repercusión deseada. Para hacer el programa efectivo se necesitan localizarlos en áreas limítrofes al municipio de Arecibo. Es vital para el éxito de este proyecto, que existan más centros de acopio o *drop offs* permanentes, en comunidades que sean elegibles según la necesidad, para mantener un recogido continuo de estos desperdicios. Así se otorgarían fondos a las comunidades que participen en este programa de recolección de materiales domésticos peligrosos.

Como parte del análisis de información incluida en esta investigación, realizamos una búsqueda de distintos usos aplicados a estas cenizas producto de la combustión. Estas cenizas de fondo pueden ser utilizadas como material de relleno de estructuras y

terraplenes, agregado en base de carreteras, sub-bases y pavimento, como material de control de tracción en la nieve, etc. (USEPA, 2011a).

Análisis de contenido noticioso

Durante los años 2009 al 2011 se manifestó un auge en noticias sobre la Planta de recuperación de recursos y generación de energía propuesta para Arecibo, por lo que escogimos 17 noticias contenidas en los periódicos *Primera Hora*, *El Vocero* y *Claridad*. Como parte del análisis de noticias nos percatamos que a medida que transcurrían los años y la información, más auge tomaba el tema de la Planta de recuperación y generación de energía. También encontramos que la mayor concentración de reportajes estaban bajo la categoría de demanda ciudadana, y las de menor cantidad estaban en la categoría de información (Figura 3). Esto demuestra que la sociedad civil se ha manifestado en contra de este tipo de tecnología. La ciudadanía demandó mayor información y acción de parte de nuestro gobierno para la implantación de otras opciones más baratas, seguras y que no atenten contra la salud del pueblo ni del ambiente.

Demanda ciudadana

En la categoría de *demanda ciudadana* encontramos siete noticias donde expertos en distintas áreas exponían sus preocupaciones sobre el impacto negativo que tendría esta Planta en la salud y el ambiente (Rodríguez, 2009; Maldonado, 2010a; Maldonado, 2010b, Franco, 2011a; Franco, 2011b; Inter News Service, 2011 & Bauzá, 2011). Una de las preocupaciones que más observamos en esta categoría es sobre el tema de la nano-partículas. Según expertos, éstas se encuentran en el ambiente y se adhieren a la piel sin que el cuerpo las pueda expulsar luego. De acuerdo con el Recinto de Ciencias Médicas de la Universidad de Puerto Rico, la Isla no cuenta con los instrumentos necesarios para

colectar este tipo de partículas en gran escala para poder desarrollar estudios sobre el impacto de las partículas en áreas urbanas y rurales. Otra preocupación de los ciudadanos, en especial de los ganaderos del área es la acumulación de cenizas y sus efectos hacia el ambiente y sus animales (Franco, 2011). Según estudios presentados por los ganaderos del área, las cenizas pueden causar cáncer, infertilidad y afectar la producción de leche.

De acuerdo con la mayoría de los reportajes, la ciudadanía demanda otras opciones que no cause detrimento a la salud ni a la naturaleza. Portavoces de grupos comunitarios proponen alternativas más limpias y de menos impacto a los recursos, como la Corporación Comunitaria de Reciclaje del Norte, que con una inversión menor a la de la Planta, podría crear 1,600 empleos y manejar 2,000 toneladas de basura. A su vez, ambientalistas aseguran que esto desalentaría el reciclaje, porque obliga a producir más basura para la Planta poder operar. Organizaciones ambientales sin fines de lucro, residentes, químicos ambientales y catedráticos coinciden en que el gobierno debe explorar otras alternativas más modernas, con una menor inversión y que esté atemperada con los reclamos de la sociedad. Todo esto sin impactar negativamente la economía, el ambiente ni la salud de los residentes.

Acción gubernamental

Las noticias relacionadas a la *acción gubernamental* durante las fechas antes mencionadas fueron seis (Rivera, 2010; Méndez, 2010; Redacción, 2010; Redacción, 2011a; Redacción, 2011b; Álvarez, 2011). Hubo esfuerzos del gobierno por implementar soluciones seguras y efectivas al problema de los residuos sólidos en la Isla (Álvarez, 2011). Para esto se le encomendó a la Comisión de Salud y Desarrollo Integrado de la

Región Norte de la Cámara de Representantes para realizar estudios sobre los efectos adversos a la salud. Otras de las iniciativas del Gobierno fueron mencionar sobre controlar el tipo de residuo que se va a incinerar y lograr una mezcla homogénea para mejor combustión. Para lograr estos esfuerzos se iniciaron vistas públicas con el fin de contar con el aval de la ciudadanía y con la participación de expertos en el tema, para así aclarar dudas y educar a los residentes. Además la JCA y ADS otorgaron sus endosos de Impacto Ambiental.

Categoría informativa

Por último, encontramos cuatro noticias cuyo fin era informar a la ciudadanía sobre esta nueva tecnología que se pretende implantar en el municipio de Arecibo (Justicia, 2010; Méndez, 2010; Vélez, 2011 & Inter News Service, 2011). Cada uno de los reportajes pretendía demostrar las cualidades y beneficios que poseen las plantas de recuperación de recursos. Promovía, además, el éxito que éstas habían tenido en otros países y los productos que se podrían elaborar a base de los materiales recuperados (Méndez, 2010). Este tipo de noticias mantenía al pueblo informado sobre esta tecnología y se refería a ella como una alternativa real al grave problema de la basura (Vélez, 2011). Las noticias informativas mencionaban en qué estado de situación se encontraban los permisos requeridos para su establecimiento. Informaban además sobre todos los permisos requeridos por las agencias pertinentes y en qué etapa se encontraban todos los procesos requeridos para el funcionamiento de la Planta.

Encontramos que el Gobierno es activo implantando medidas de prevención y estableciendo leyes, pero menos propenso a brindar información necesaria a la ciudadanía sobre técnicas de reducir la generación de desperdicios sólidos. La ciudadanía demanda

mayor acción de parte de las agencias gubernamentales para lidiar con los problemas que los aquejan.

Análisis de vistas públicas

Mediante información suministrada por la EPA, supimos que se realizaron cinco procesos de vistas públicas en agosto de 2012. La asistencia a estos procesos se documentó a través de la firma de 166 personas. Durante el proceso, 71 de los asistentes expusieron sus argumentos. La cantidad de personas que expusieron argumentos a favor fue de 19, mientras que 52 argumentaron en contra del proyecto. Se supo también, que del total de personas que presentaron mociones a favor y en contra, 10 repitieron turnos para exponer.

Esto demuestra que se cumplieron con los reglamentos sobre la realización de vistas públicas. Las personas respondieron al llamado y pudieron exponer sus opiniones. La mayoría de los que asistieron al proceso se manifestaron en contra de esta instalación de recuperación de recursos, exponiendo sobre la existencia de alternativas más limpias para resolver el problema de los desperdicios.

CAPÍTULO V

ALTERNATIVAS, ESTRATEGIAS Y PLAN DE ACCIÓN

Luego de analizar el problema ambiental que enfrentaría la Planta de Recuperación de Recursos con la disposición y usos de las cenizas y dar un informe sobre el proceso de tratamiento de las mismas para ser utilizadas de manera segura sin representar un riesgo a la salud de la ciudadanía y al ambiente, presentaremos varias estrategias que nos ayudarán a lograr los objetivos. Una vez esto, alcanzaremos la meta planteada en este proyecto de planificación. Para facilitar la comprensión del estudio, presentaremos situaciones encontradas, objetivos y las estrategias necesarias para desarrollar este plan de acción. Además incluimos en el plan la entidad responsable de implantarla, el costo aproximado, el período requerido para su implantación y el resultado esperado (Tabla 4).

Hallazgo 1: objetivo 1

Encontramos que en la DIA de la Planta en Arecibo no se contempla el manejo efectivo del mercurio presente en lámparas fluorescentes y electrodomésticos. En el Capítulo I mencionamos que aproximadamente existen 24 electrodomésticos por cada hogar. Aunque estas cifras pertenecen a hogares en los Estados Unidos, entendemos que se asemeja a la realidad de Puerto Rico. Por esta razón, deducimos que son miles de electrodomésticos que se disponen en nuestros vertederos cada año. Para esta situación desarrollamos una serie de procedimientos para la recolección de lámparas fluorescentes y electrodomésticos; así como otros elementos críticos. Para poder cumplir con este objetivo era necesario implantar estrategias que conduzcan a lograr el recogido de

materiales con mercurio y evitar que lleguen a los vertederos. Para esto es necesario disponer de contenedores adecuados para almacenar este tipo de material. Estos deben ser resistentes contra derrames, seguros y estar debidamente rotulados. El costo de estos contenedores es aproximadamente de \$80 (para bombillas fluorescentes) y \$350 (para equipos electrónicos). Se requiere que Energy Answers, coordine la disposición de estos materiales con alguna compañía autorizada por la JCA o ADS. Se propone que se realicen campañas de intercambio de termómetros, donde la ciudadanía pueda participar llevando su termómetro viejo e intercambiarlo por uno digital libre de mercurio. Esta actividad puede realizarse en escuelas y centros de salud (farmacias, hospitales y clínicas). El costo por cada termómetro digital es de entre \$6 a \$9.

Con estas estrategias se pretende lograr establecer procedimientos seguros para la disposición de lámparas fluorescentes así como de dispositivos que contengan mercurio, y así evitar que lleguen a la Planta. Buscamos designar contenedores y áreas para almacenar, además de conseguir la contratación de compañías designadas a la recolección de este tipo de materiales. Se espera que estas estrategias sean implantadas en un periodo de 6 meses. Los costos de este plan se determinarán con la ejecución del mismo.

Hallazgo 2: objetivo 2

Otra situación que encontramos y que agrava el problema es que encontramos muy pocos centros de acopio en los pueblos aledaños a Arecibo. En cada pueblo colindante con Arecibo había un centro de acopio., lo que vuelve insuficiente ante la cantidad de desperdicios que proyectamos recolectar para reciclaje. Algunos de estos centros no están debidamente rotulados, lo que hace difícil localizarlos. Con este plan proponemos la creación de más centros de acopio y guías de información sobre su localidad. Estos

centros deben estar propiamente rotulados con el horario de operación y el área designada para cada material.

Para cumplir con la accesibilidad es importante establecer el área de recolección en comunidades o *drop-offs* y en centros de trabajos o escuelas. Para lograr este objetivo, es vital el establecimiento de estos centros en lugares accesibles al público. Para establecer los costos es necesario determinar cuántas escuelas, puestos de gasolina, comunidades, centros de trabajo, centros comerciales hay en cada municipio. De esta manera tendríamos una mayor participación ciudadana, de Arecibo y sus pueblos limítrofes. Además es necesario el establecimiento de oficinas satélites con personal capacitado para manejar desperdicios peligrosos, como el mercurio en lámparas fluorescentes y otros dispositivos y familiarizado con la comunidad a la que sirve. Con estas estrategias se busca crear centros de recolección más accesibles que facilite a la sociedad civil a participar del proceso de separación de materiales. Se espera que un periodo de 6 meses se pueda concretar este objetivo a un costo aproximado de \$200,000.

Hallazgo 3: objetivo 3

Como parte esencial de este proyecto queremos lograr mayor participación de la ciudadanía en todos los procesos de separación de materiales. De acuerdo con el Modelo pluralista de Davidoff, buscamos integrar a la población de la región de Arecibo en los procesos de toma de decisión, facilitándoles la información necesaria para que las decisiones sean tomadas en consenso. Para convenir con lo antes mencionado, elaboramos estrategias que fomentan la participación ciudadana en los procesos de separación de materiales. La coordinación de charlas educativas y material didáctico en las escuelas y comunidades es esencial para que la sociedad civil esté informada sobre los

materiales que son nocivos a la salud y al ambiente si son descartados irresponsablemente. Estos programas deben ir enfocados a ofrecer adiestramiento necesario a personas que estén en contacto directo con materiales peligrosos. Las sesiones de adiestramiento deben ser programadas de manera uniforme para que se cubra una extensa área geográfica. Mediante foros de discusión pública, la ciudadanía podría intercambiar percepciones con Energy Answers y el municipio. Con la creación de una página *web*, la comunidad estaría al tanto sobre los nuevos procesos de la Planta y técnicas de reciclaje. Además de este esfuerzo, planteamos el establecimiento de una línea caliente para involucrar a los ciudadanos en el proceso de fiscalización. Por último, propusimos incentivar las prácticas de reciclaje para alentar a la ciudadanía a participar del programa de reciclaje y se sientan parte de la solución mediante la cooperación aportada.

Buscamos crear mayor conciencia en la ciudadanía sobre los desperdicios que se generan en los hogares que pueden ser altamente dañinos al ambiente y a su salud. Ya con estos materiales recuperados evitamos su disposición en los rellenos sanitarios. Logramos además la integración de la ciudadanía en las actividades de reciclaje. Es necesario que ADS, en colaboración con Energy Answers y los Municipios que depositan en el vertedero de Arecibo, cree programas inclusivos donde la ciudadanía y a las agencias, tanto públicas como privadas se involucren en actividades de recolección y campañas agresivas para maximizar la recuperación de desperdicios sólidos. El tiempo estimado para implantar estas estrategias es de 1 año.

Hallazgo 4: objetivo 4

Se anticipa que con el establecimiento de esta Planta se genere una cantidad considerable de cenizas producto de la combustión de desperdicios municipales. Debido a esta situación consideramos necesario que se otorguen incentivos para el establecimiento de fábricas de bloques de concreto que utilicen las cenizas como agregado en la mezcla de cemento. Como mencionamos en el Trasfondo del problema, en Puerto Rico se generan 1.036 billones de libras de cemento, lo que demuestra la alta demanda de este producto en el campo de la construcción, convirtiéndolo en el material predilecto para edificar obras.

Para cumplir con el propósito de otorgar incentivos para la creación de industrias dedicadas a la construcción, es crucial realizar talleres o actividades donde se hable de los beneficios de esta tecnología. Estos talleres deben ser avisados públicamente y pueden ser ofrecidos por personal capacitado de Energy Answers en las instalaciones de la Planta. Otra estrategia presentada es la de informar sobre los beneficios de la Ley de Incentivos Económicos para el Desarrollo de Puerto Rico. El personal capacitado en estos temas de incentivos del Banco Gubernamental de Fomento de Puerto Rico debe comunicar sobre estos beneficios y cómo acogerse a ellos.

Se espera que esta estrategia se impulse la producción de materiales de construcción utilizando cenizas ayudando, tanto a la sociedad como a la economía. Se crearían más empleos en cada uno de sus procesos, desde la fabricación del material, su transporte, compra/venta, instalación, etc. Se espera que el tiempo aproximado para implantarse sea de 6 meses. Este costo incluye material didáctico para los talleres y anuncios en los periódicos. Se contempla además, el desarrollo de compañía piloto que

utilice las recomendaciones del estudio y que potencie la incursión de los productos a ser mercadeables contribuyendo a su mercadeo así como al cambio de actitud de los ciudadanos.

Es importante reconocer que las estrategias que se exponen en este proyecto de planificación no establecen ciertos costos. Varios de los costos del plan se determinarán en la ejecución del plan. Entendemos que la entidad responsable de concretar el plan son los municipios y ADS con fondos públicos y otros provistos por Energy Answers.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En Puerto Rico se generan menos de 1% de desperdicios peligrosos domésticos comparados con las cantidades alarmantes depositadas en los vertederos de Massachusetts. No obstante, la investigación nos revela la necesidad de crear programas de recogido de este residuo para evitar que el mercurio llegue a la planta de recuperación. Cualquier cantidad, por mínima que sea, es perjudicial para el ambiente y la salud humana.

Encontramos que el elemento mercurio no está regulado en la DIA de la Planta propuesta para Arecibo. Para poder obtener un producto seguro y libre de contaminantes, es imperativo minimizar la entrada de desperdicios que contengan mercurio u otros elementos tóxicos. Este plan se enfocó en desarrollar alternativas para garantizar que las cenizas puedan ser utilizadas en la elaboración de materiales de construcción.

Concluyo que para obtener el resultado esperado en la elaboración de bloques de cemento utilizando las cenizas producto de la incineración es indispensable un plan de recolección de materiales peligrosos domésticos. Los centros de acopio existentes no son suficientes para desviar una porción significativa de los desperdicios que se generan en la región de Arecibo. No sólo es importante la participación del gobierno y la empresa privada Energy Answers, sino la participación ciudadana para que tomen conciencia sobre los productos de consumo que son perjudiciales hacia el ambiente y la salud en general.

Desarrollamos estrategias educativas, enfocadas a la comunidad, para lograr un alcance y mantenerlas informadas sobre las técnicas de reciclaje y los procesos relacionados a la Planta. Es vital crear un enlace entre el gobierno y la comunidad, donde exista una comunicación bidireccional, para así lograr una percepción positiva en cuanto a este tipo de tecnologías.

Las estrategias presentadas en la investigación muestran opciones para minimizar la entrada de materiales peligrosos a la Planta y así maximizar el uso que se le pueda dar a las cenizas. Apoyamos que se incentiven esfuerzos de la ciudadanía por recuperar materiales reciclables con viabilidad económica y se les ayude para que puedan integrarse al mercado de la Isla. Así también, se puedan establecer en áreas colindantes a la Planta para que de esta manera se implante una economía sostenible; logrando un bienestar económico sin atentar contra el ambiente.

Por otro lado se presentan estrategias para informar y concienciar a la ciudadanía sobre los contaminantes que salen de nuestros hogares, escuelas y lugares de trabajo, y así lograr que se involucren en los procesos. La ciudadanía exige al gobierno alternativas seguras a la salud y al ambiente para solucionar el problema de los desperdicios. También si incentivamos los esfuerzos de los residentes, alentamos las prácticas de reciclaje en la región norte del País. Es vital ampliar este esfuerzo para promover la recolección de materiales reciclables que contengan otros metales (plomo, cobre, níquel) y/o metaloides (arsénico).

Dándole nuevos usos a los desperdicios, que de otra manera terminarían abandonados en un vertedero, atenderíamos la demanda del mercado de la energía y de materiales reciclados. Reutilizando materiales como las cenizas tratadas, evitaríamos la

demanda de recursos no renovables (ej. aceite, arena, piedra caliza, grava, metales, etc.) y energía. Además se reduciría considerablemente la extracción de minerales, dando paso a la creación de productos sin utilizar materiales que alteren nuestro ecosistema.

Entre las limitaciones de estudio están la falta de información actualizada relacionada a los desperdicios peligrosos generados en el hogar que son depositados en los vertederos; y la limitación más significativa fue el no poder visitar una planta de recuperación en el país para obtener información de fuentes primarias.

Las estrategias sometidas como parte del plan de este proyecto de planificación buscan dar soluciones viables a una situación pertinente. Aunque no es el escenario actual, debido a que la Planta de recuperación de energía está en proceso de permisos, es pertinente tomar decisiones ahora. En la rama de la planificación, debemos tener visión de futuro y prever situaciones que podrían afectarnos en el futuro. Para esto, es vital aplicar procedimientos y prácticas utilizadas en otros países, como bien mencionamos en los estudios de casos, pero sin perder de perspectiva nuestra condición de isla.

LITERATURA CITADA

- Administración de Asuntos Energéticos. (2004). *Ley de Incentivos Económicos para el Desarrollo de Puerto Rico*. LPRA 73.
- Álvarez, Y. (12 de septiembre de 2011). Cámara avala plantas ‘waste to energy’. *El Vocero*, p.10.
- Autoridad de Desperdicios Sólidos. (2007a). *Orden Ejecutiva para ordenar a todas las entidades gubernamentales a establecer un programa de reciclaje e implantar las disposiciones de la ley 411*. 12 LPRA Núm. 2007-12.
- Autoridad de Desperdicios Sólidos. (2007b). *Orden Ejecutiva para la reducción del uso del vertedero como método de disposición y manejo principal de los residuos sólidos en Puerto Rico*. 12 LPRA Núm. 2007-48. Recuperado de <http://www.lexjuris.org/nxt/gateway.dll?f=templates&fn=default.htm&vid=lexjuris:platino&iefix=7966>
- Autoridad de Desperdicios Sólidos. (2010). *Ley para la Reducción y Reciclaje de los Desperdicios Sólidos en Puerto Rico*. 12 L.P.R.A. §1320b et seq. Recuperado de <http://www.ads.gobierno.pr/secciones/reciclaje/ley4112000.htm>
- Autoridad de Desperdicios Sólidos. (2011). *Mercado y reciclaje*. Recuperado de http://www.ads.gobierno.pr/reciclaje/Mercado_Reciclaje.pdf
- Autoridad de Energía Eléctrica.(1970). *Solid waste Feasibility Study for the Generation of Energy for Metropolitan Area of San Juan*. .San Juan, PR.
- Álvarez, Y. (12 de septiembre de 2011). Cámara avala plantas “waste to energy”. *El Vocero*, p 19.
- Bandara, N.,Hettiaratchi, P.,Wirasinghe, P. & Pilapiiya, S. (2007). Relation of waste generation and composition to socio-economic factors: A case study. *Environmental Monitoring and Assessment*, 135, pp. 31-39.
- Bauzá, N. (8 de febrero de 2011). Firme protesta de las madres de Negro. *Primera Hora*. Recuperado de <http://www.primerahora.com/firmeprotestadelasmadresdenegro-471822.html>
- Campbell, S. (1996). Green cities, growing cities? Ecology, economics and the contradictions of urban planning. *Journal of the American Planning Association*.
- Carrasco, A. (2007). La sociedad de consumo: origen y características en contribuciones a la economía. Texto completo en <http://www.eumed.net/ce/>

- Comisión de Desarrollo Socioeconómico y Planificación. (2005). Proyecto de la Cámara Núm. 310: Uso de productos de construcción manufacturados en la Isla con materiales reciclables como el bloque de escoria o ceniza. San Juan, PR
- Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo. (1988). *Nuestro futuro común*. Madrid. Alianza Editorial.
- Consolidated Waste Services Corp. (2012). Vertederos: *experiencia y clientes: Arecibo*. Recuperado de http://www.conwastepr.com/vertederos_experiencia_arecibo.html
- Covanta SEMASS. (2012). *Material Separation Plan for Diversion of Mercury: Jan 1st, 2010- Dec 30, 2011*. SEMASS Recovery Facility- Rochester Mass. Recuperado de <http://www.mass.gov/dep/recycle/solid/semamp5.pdf>
- Creswell, J. (2009). Research method for everyday life. *Blending Qualitative and Quantitative Approaches*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Davidoff, P. (2001). Advocacy and pluralism in planning. En Campbell, S.y Fainstein, S. (Eds.), *Planning Theory*. p. 306-319. Massachusetts. Blackwell Publishers.
- De' Gennaro, R., Graziano, S. & Cappelletti, P. (2009). Structural concretes with waste-based lightweight aggregates: from landfill to engineered materials. *Environmental Science & Technology*, 43(18), 7123-7129.
- Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. (2007). Reserva Natural Caño Tiburones. *Hojas de Nuestro Ambiente*. P-015.
- Department of Environmental Protection of Massachusetts. (2006). *Massachusetts mercury management act*. Boston, MA
- Energy Answers Corporation. (2008). *Proven experience: SEMASS Resource Recovery Facility*. (video) Recuperado de http://www.energyanswers.com/development/Proven_Experience_-_SEMASS/
- Energy Answers Corporation. (2010). Declaración de Impacto Ambiental-Preliminar: Planta de Generación de Energía Renovable y Recuperación de Recursos. Arecibo, PR
- Franco, P. (22 de febrero de 2011). Madres de Negro combaten incineradora en Arecibo. *Claridad*, p.9
- Franco, P. (1^{ro} marzo de 2011). Incinerador de Arecibo emitiría veneno en sus cenizas. *Claridad*, p 11.
- Fortaleza, R., Far, M., Segui, C. & Cerdá, V. (2004). Characterization of bottom ash in municipal solid waste incinerators for its use in road base. *Waste Management*. 24, p. 899-909.

- Giglio, R. & Wehrenberg, J. (2009). Coal and biomass via controlles fluidized bed. *Advanced Materials and Processes*. p. 27
- Gunn, A., Dewhurst, R., Giorgetti, A., Gillot, N., Wishart, J. & Pedley, S. (2004). *Use of sewage sludge in construction*. C608. Londres:.CIRIA.
- Instituto Estadístico de Puerto Rico. (2011). Producción y ventas de cemento. *Banco Gubernamental de Fomento*. San Juan, PR. Recuperado de <http://www.estadisticas.gobierno.pr/iepr/Estadisticas/>
- Inter News Service. (18 de agosto de 2011). Desmienten a Energy Answers; Insisten que incinerador afectará la Reserva Natural del Caño Tiburones de Arecibo. *Claridad*, p. 11
- Inter News Service. (29 de noviembre de 2011). Aspectos sobresalientes: Propuestas para un mejor País. *Claridad*, p. 10
- Junta de Calidad Ambiental. (1997). *Reglamento para el Manejo de los Desperdicios Sólidos no Peligrosos*. Núm.5717. Recuperado de <http://www.microjuris.com>
- Junta de Calidad Ambiental. (2003). *Operación Cumplimiento*. Resolución Núm. R-03-17-7. San Juan, PR.
- Junta de Calidad Ambiental. (2004a). *Ley de Política Pública Ambiental*. 12 L.P.R.A. §1121 et seq.
- Junta de Calidad Ambiental. (2004b). *Ley de Política Pública de Desarrollo Sostenible*, 12 L.P.R.A. Núm. 267
- Junta de Calidad Ambiental. (2011). Resolución 11-16-5 Sobre los sistemas de relleno sanitarios en Puerto Rico.
- Justicia, S. (12 de febrero de 2010). De camino las “Waste to energy” a Puerto Rico. *Primera Hora*. Recuperado de http://www.primerahora.com/de_camino_las_waste_to_energy_a_puerto_rico-365924.html
- Justicia, S. (6 de mayo de 2010). Agencias del ELA buscan tecnología atienda la basura. *Primera Hora*,p.26
- Karim, M. R., Zain, M. M., Jamil, M. M., Lai, F. C.& Islam, M. N. (2011).Necessity and opportunity of sustainable concrete from Malaysia's waste materials. *Australian Journal of Basic & Applied Sciences*, 5(5), 998-1006. Retrieved from EBSCOhost

- Karliner, J. & Harvie, J. (2007). Movimiento mundial para el cuidado de la salud libre de mercurio. *Salud sin Daño*, p.24
- Korenstein, S. (2005). Managing electronic waste: the California approach. *Journal of Environmental Health*, 67(6), 36-37.
- Lin, C., Wu, C., & Ho, H. (2006). Recovery of municipal waste incineration bottom ash and water treatment sludge to water permeable pavement materials. *Waste Management*, 26(9), 970-978. doi:10.1016/j.wassman.2005.09.014.
- Lindblom, C. (2001). The Science of “Muddling Through”. En Campbell, S. y Fainstein, S. (Eds.), *Planning Theory*, p. 289-291. Massachusetts. Blackwell Publishers.
- Lucca, N. & Berrios, R. (2009). Investigación cualitativa: Fundamentos, diseños y estrategias. Cataño, PR. Ediciones SM.
- Mahoney, P., Pierce, G. & Sutin, G. (junio, 1997). *Mínimo de dioxina con una recuperación máximo de recursos*. Dioxina 97, Indiana University Conferences. Energy Answers Corporation. Bloomington, IN.
- Malandrakis, G. N. (2008). Children's understandings related to hazardous household items and waste. *Environmental Education Research*, 14(5), 579-601.
- Maldonado, W. (9 de noviembre de 2010). Rechazo a incineradora. *Primera Hora* Recuperado de <http://www.primerahora.com/rechazoaincineradora-442786.html>.
- Maldonado, W. (24 de diciembre de 2010). En contra de planta de disposición de basura. *Primera Hora*, p. 14
- Méndez, M. (2010). Arecibo se mira en el espejo de Rochester, Massachusetts. *El Vocero* p 19.
- Nasrabadi, T., Hoveidi, H. & Bidhendi, G. (2008). Evaluating citizen attitudes and participation in solid waste management in Tehran, Iran. *Journal Of Environmental Health*, 71(5), 30-33.
- Ojeda, S. (2008). Household solid waste characterization by family socioeconomic profile as unit of analysis. *Resources Conservation and Recycling*. 52(7)
- Pérez, F. (2010). Landfills vs Incinerators: Identification and comparison of the hazards posed by toxic emissions associated with the disposal of municipal solid wastes in Puerto Rico. (Tesis Inédita de maestría). Universidad Metropolitana, San Juan, PR.
- Puerto Rico. (2011). Sub comité Interagencial de Cumplimiento Ambiental. *Orden Ejecutiva del Gobernador de Puerto Rico para activar las disposiciones de la Ley núm. 76 del 5 de mayo de 200, según enmendada*. San Juan, PR.

- Redacción. (7 de febrero de 2011). MUS exige se detengan planes de incineradora en Arecibo. *Primera Hora*. Recuperado de <http://www.primerahora.com/musexigese detengan planes de incineradora en arecibo-471698.html>
- Redacción. (5 de julio de 2011). Comisión de Salud investiga incinerador de Arecibo. *Primera Hora*. Recuperado de <http://www.primerahora.com/comisiondesaludinvestigaincineradordearecibo-523075.html>
- Redacción. (30 de diciembre de 2010). Pre- candidato apoya la planta. *El Vocero*, p. 16
- Rivera, A. (6 de febrero de 2010). Por caminos distintos la EPA y el Gobierno. *Primera Hora*. P 16
- Rodríguez, F. (15 de marzo de 2009). Enfrentados por el plan con la basura. *Primera Hora*, p 2-3.
- Rohena, S. (2006). Participación Ciudadana. *Manejo de Desperdicios Sólidos Peligrosos y No Peligrosos* Cáp.12. San Juan, PR
- Rohena, S. (abril, 2010). Manejo de desperdicios sólidos en Puerto Rico. Simposio 40^{mo} Aniversario del día del Planeta Tierra. San Juan, PR.
- Rübner, K., Haamkens, F., & Linde, O. (2007). Use of municipal solid waste incinerator bottom ash as aggregate in concrete. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*; 41(4);p. 459-464. doi: 10.1144/1470-9236/07-036
- Santiago, J. (2012). En aumento la “basura - e” en Puerto Rico. *Diálogo digital*. Recuperado: <http://www.dialogodigital.com/index.php/En-aumento-la-Basura-e-en-Puerto-Rico.html>
- Selin, N. (2005). Mercury rising: is global action needed to protect human health and the environment? *Environment*, 47(1), 22-35.
- Shoemaker, A. & Ghaemghami, J. (2003). Protecting the public from mercury exposure: Success through microexchange events. *American Journal Of PublicHealth*. 93(12), 1997-1999.
- Soderberg, C. (2009). Ingerencia de la Agencia de Protección Ambiental sobre la disposición de desperdicios sólidos domésticos en Puerto Rico. *División de Protección Ambiental del Caribe* (Presentación). San Juan, PR.

- Tangchirapat, W Buranasing, R. & Jaturapitakkul, C. (2010). Use of high fineness of fly ash to improve properties of recycled aggregate concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 22(6), 565-571. doi:10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0000054
- Torres, I. (2007). *Plan para el manejo de los desperdicios sólidos que se disponen en el vertedero municipal de Cayey*. (Tesis de Maestría) Universidad Metropolitana, San Juan, PR.
- Trinidad, E. (1^{ro} de septiembre de 2010). “El vertedero de Arecibo es más peligroso que una planta de conversión de basura”, afirma ecólogo y profesor universitario. *Periódico Pulso*, p 8-9.
- United Nations Environment Programme. (2009). Developing integrated solid waste management plan. *Training Manual*, 4.
- U.S. Environmental Protection Agency. (1976). Resource Conservation and Recovery Act. 42 U.S.C. § 3001 & 3006.
- U.S. Environmental Protection Agency. (1986). Environmental Protection Agency. Water Quality Criteria documents. *Federal Register* 45 (231), 79318 – 79379
- U.S. Environmental Protection Agency. (1996a). Characterization of MSW in the U.S. OSW Publications Distribution Center, Washington, D.C.
- U.S. Environmental Protection Agency. (1996b). *Criteria for Classification of Solid Waste Disposal Facilities and Practices*, 40 C.F.R §257.
- U.S. Environmental Protection Agency. (1996c). *Criteria for Municipal Solid Waste*, 40 C.F.R §258
- U.S. Environmental Protection Agency. (2008). *Ley de Aire Limpio, según enmendada en 2008*. Título 42 Capítulo 85 Contaminación del Aire y Control §7401
- U.S. Environmental Protection Agency. (2011a). Bottom ash coal combustion products partnerships. Recuperado de <http://www.epa.gov/wastes/conservation/rrr/imr/ccps/bottomash.htm>
- U.S. Environmental Protection Agency. (2011b). Municipal solid waste-non-hazardous: Basic information. Obtenido de <http://www.epa.gov/wastes/nonhaz/municipal/wte/basic.htm>
- U.S. Environmental Protection Agency. (2011c). E-cycling waste: Common waste & materials. Recuperado de <http://www.epa.gov/epawaste/conservation/materials/ecycling/index.htm>

- U.S. Environmental Protection Agency. (2011d). Sustainable materials management: The road ahead. *Waste: Information Resources*. Recuperado de <http://www.epa.gov/wastes/inforesources/pubs/vision.htm>
- Vega, J. (9 de Julio de 2010). Energy Answers files EIS for proposed \$500 million waste-to-energy plant in Arecibo. *Caribbean Business*, 38(41), 54-55. Retrieved from EBSCOhost.
- Vélez, J. (24 de mayo de 2011). Waste to energy como alternativa real para Puerto Rico. *El Vocero*, p 26.
- Villamizar, N. (2007). Implementing E.D. 13423: Opportunities for industrial materials Recycling *Federal Environmental Symposium*. U.S. EPA, Office Solid Waste
- Wehran Puerto Rico, Inc. (2003). Situación actual de los desperdicios sólidos. *Estudio de caracterización*. San Juan, PR.

TABLA

Tabla 1

Materiales domésticos peligrosos no procesados en la Planta

Pintura

Aceites usados (envases)

Baterías

Solventes

Electrodomésticos

Lámparas fluorescentes

Termómetros

Tabla 2

Comparativa de actividades realizadas en dos Plantas de Recuperación de Recursos y Generación de Energía.

	SEMASS	Arecibo
Reglamentación Estatal	<i>x</i>	
Estaciones de colección	<i>x</i>	
Día de recogido especial	<i>x</i>	<i>x</i>
Intercambios	<i>x</i>	
Tarifas	<i>x</i>	
Programas de educación	<i>x</i>	<i>x</i>
"put or pay"	<i>x</i>	

Tabla 3

Centros de acopio en pueblos limítrofes a Arecibo.

Pueblo	Dirección
Arecibo	Avenida Llorens Torres (detrás de Western Auto)
Barceloneta	PR 681 Ave. Palma Final
Lares	Carr. 111, Bo. Lares (lado neumático Piti)
Camuy	Calle Iguina-Parque José Méndez Franqui
Florida	Carr. 642
Hatillo	No información
Manatí	PR 670 Int. PR 149
Quebradillas	Carr.113, Esq. Calle Coliseo Estac. Cancha Pedro Hernández

Tabla 4

Estrategias para el uso de cenizas producidas en la incineración de residuos a energía por la planta propuesta en Arecibo

Objetivo 1: Implantar un plan para la recolección de lámparas fluorescentes y electrodomésticos; así como otros elementos críticos				
Estrategia	Entidad Responsable	Costo estimado	Periodo requerido para implantar la estrategia	Resultado Esperado
Proveer contenedores apropiados	Energy Answers	-\$80 -\$350		Recolectar desperdicios que serán reciclados y así evitar que entren a la Planta.
Coordinar su disposición con una compañía autorizada	Energy Answers	*Contrato con compañía \$6-\$9 c/u		Recolectar los desperdicios; evitar situaciones adversas.
Actividades de intercambio de termómetros	EnergyAnswers, EPA Municipio, ADS, JCA		6 meses	Recolectar termómetros de mercurio y dar a cambio termómetros digitales.
*Se determinará en la ejecución del Plan				
Objetivo 2: Crear más centros de acopio con guías de información sobre su localización				
Estrategias	Entidad Responsable	Costo estructurado	Periodo requerido para implantar la estrategia	Resultado Esperado
Establecer centros de acopio en lugares accesibles “drop-off”	ADS y EPA	Estaciones por municipio		Mayor participación de los ciudadanos.
Rotular debidamente el centro de Acopio				Fácil localización
Establecer oficinas satélites”.			1 año	Creación de empleos

Objetivo 3: Los ciudadanos de encuentran poco receptivos a esta nueva tecnología.

Estrategias	Entidad Responsable	Costo estructurado	Periodo requerido para implantar estrategia	Resultado Esperado
Coordinar charlas educativas y material didáctico en escuelas y comunidades	Energy Answers, Municipio	-Salón -Folletos -Personal	1 año	Mantener educada a la sociedad civil
Crear una línea caliente/ página <i>web</i> .	Energy Answers, Municipio	-Creación -mantenimiento -Personal		Proveer y recibir información. Involucrar a los habitantes en la fiscalización.
Incentivar prácticas de reciclaje “ <i>put or pay</i> ”	ADS, Energy Answers y Municipio			Crear centros comunitarios y darle herramientas para incorporarlos en el reciclaje.

* Se determinarán con la ejecución del Plan

Estrategias	Entidad Responsable	*Costo estructurado	Periodo requerido para implantar estrategia	Resultado Esperado
Objetivo 4: Incentivar el establecimiento de fábricas de bloques de cemento que utilicen las cenizas como agregado en la mezcla de cemento.				
Realizar talleres o actividades	Energy Answers	-Encargados y material didáctico		Dar a conocer los beneficios de esta Ley. Impulsar la producción de materiales de construcción.
Informar sobre la Ley de Incentivos Económicos para el Desarrollo de Puerto Rico.	Dpto. Desarrollo Económico y Comercio; Compañía de Fomento Industrial	Personal capacitado		Creación de empresas de reciclaje.
			6 meses	

*No se pueden determinar los costos del plan

FIGURAS

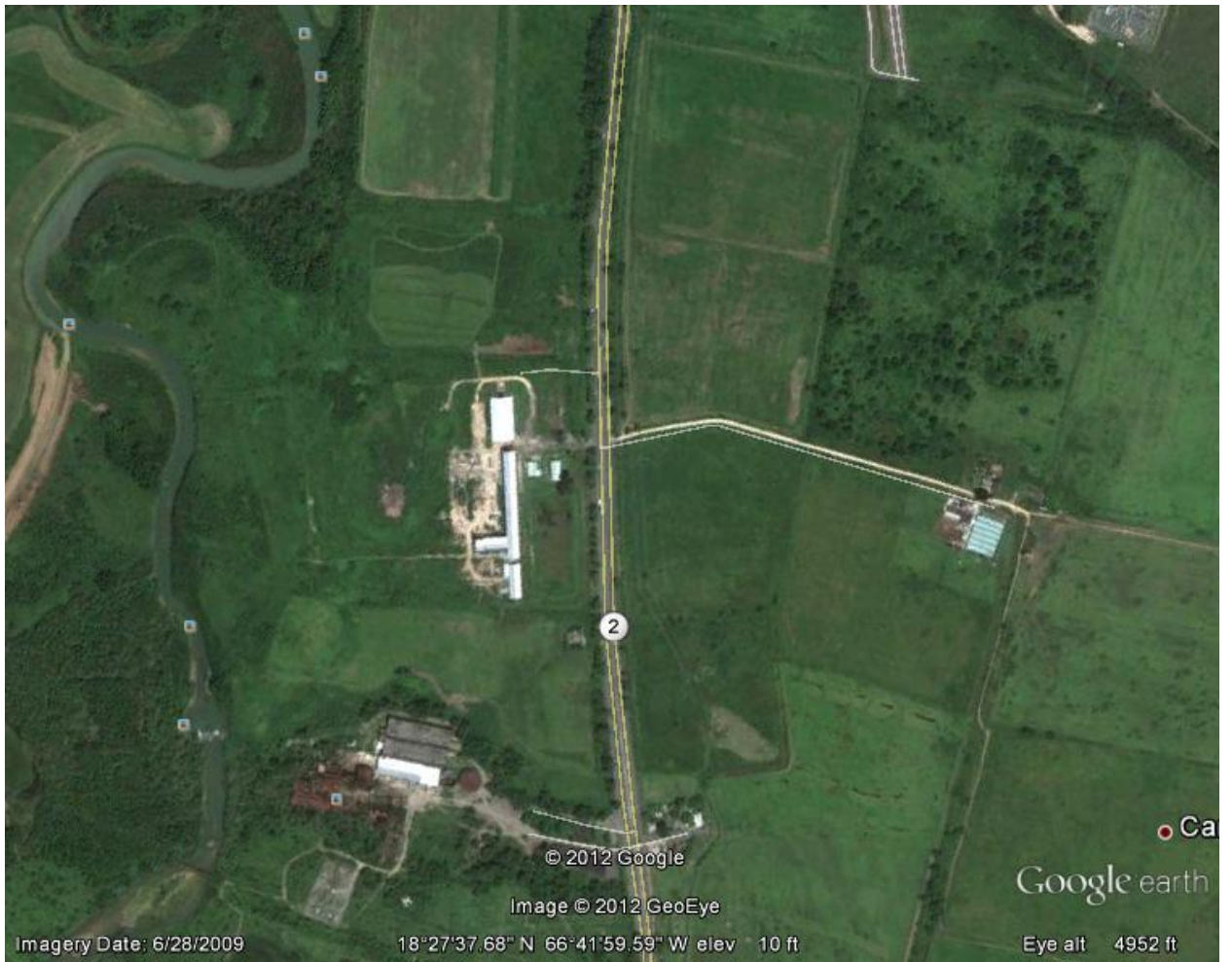


Figura 1. Área de estudio dónde proponen construir la Planta de recuperación de recursos y generación de energía, EnergyAnswers, Arecibo.

Proceso de Recuperación de Recursos

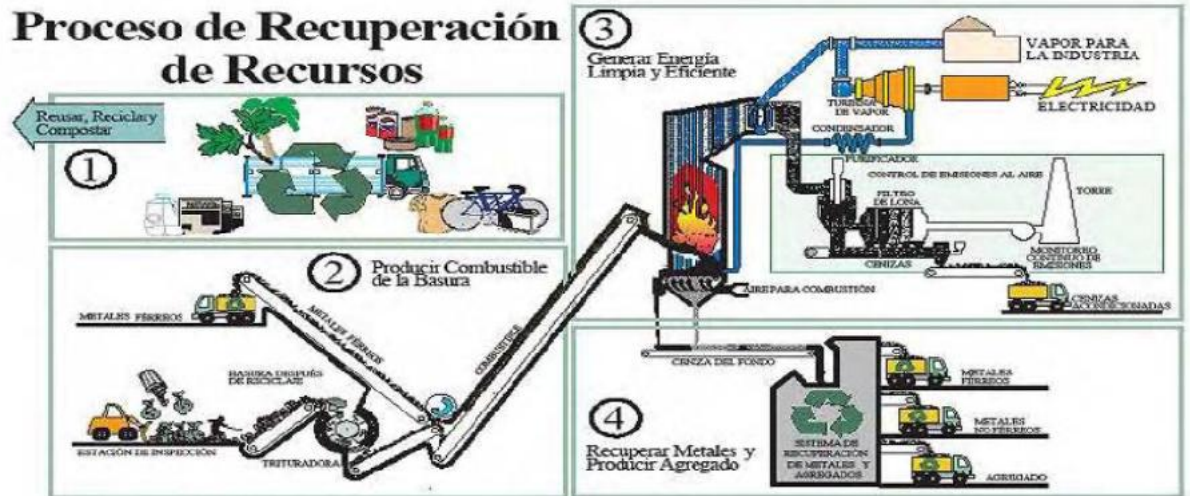


Figura 2 .Flujograma simplificado del proceso de generación de energía y recuperación de recursos (Energy Answers 2010)

Categoría	Primera Hora	El Vocero	Claridad	Total
Demanda Ciudadana	4	1	2	7
Acción gubernamental	3	3	-	6
Informativas	1	2	1	4

Figura 3. Cantidad de noticias encontradas por categoría (2009-2011).