

**MEJORAMIENTO DE PROGRAMAS PARA RECOLECTAR
BOMBILLOS Y LUMINARIAS DE VAPOR DE MERCURIO EN BOGOTA**

**ANDREA OLAYA CAÑÓN
RAÚL EDUARDO CAICEDO ACOSTA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO- QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2013

**MEJORAMIENTO DE PROGRAMAS PARA RECOLECTAR
BOMBILLOS Y LUMINARIAS DE VAPOR DE MERCURIO EN BOGOTA**

**ANDREA OLAYA CAÑÓN
RAÚL EDUARDO CAICEDO ACOSTA**

Monografía para optar al título de
Especialista en Ingeniería ambiental

**Director
Richard Díaz Guerrero
Especialista en Ingeniería Ambiental**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO- QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2013

TABLA DE CONTENIDO

| | Pág. |
|---|-------------|
| INTRODUCCIÓN | 11 |
| 1. PRELIMINARES | 13 |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 13 |
| 1.2. OBJETIVOS DEL PROYECTO..... | 14 |
| 1.2.1. Objetivo general..... | 14 |
| 1.2.2. Objetivos específicos | 14 |
| 2. MARCO TEORICO | 15 |
| 2.1. GENERALIDADES | 15 |
| 2.1.1. Tipos y características de las bombillas, luminarias de vapor mercurio..... | 15 |
| 2.1.2. El mercurio | 20 |
| 2.1.3. Reglamentación aplicable a la gestión de residuos de bombillas y luminarias de vapor de mercurio..... | 31 |
| 3. MÉTODOS Y PROGRAMAS ACTUALES DE RECOLECCIÓN EN BOGOTÁ Y COLOMBIA..... | 36 |
| 3.1. PROGRAMAS ACTUALES EN COLOMBIA | 37 |
| 3.2. Desarrollo de los programas posconsumo en la ciudad de Bogotá..... | 39 |
| 3.2.1. Programa LÚMINA | 39 |
| 3.2.2. Programa MIL, Manejo Integral y Disposición Final de Lámparas Lineales MIL | 42 |
| 3.3. Resultado del Programa LUMINA | 43 |
| 3.1.4. Cobertura de los programas. | 46 |
| 3.5. PROPUESTAS PARA MEJORAR EL PROGRAMA..... | 49 |
| 4. CONCLUSIONES | 51 |
| 5. RECOMENDACIONES | 54 |
| BIBLIOGRAFIA | 56 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Tabla 1. Empresas inscritas ante el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Programa para bombillas usadas..... | 38 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 1. Partes de una luminaria | 16 |
| Figura 2. Puntos de recolección..... | 40 |
| Figura 3. Pasos para la recolección de bombillas y luminarias del sector industrial..... | 41 |
| Figura 4. Mecanismo para la recolección y empaque de lámparas programa MIL..... | 42 |
| Figura 5. Punto de recolección Homecenter Av. el Dorado | 43 |
| Figura 6. Punto de recolección Carrefour Venecia | 44 |
| Figura 7. Punto de recolección Homecenter Venecia | 44 |
| Figura 8. Punto de recolección Home Sentry Avenida Carrera 68..... | 45 |
| Figura 9. Punto de recolección Home Center Calle 80 | 45 |

TÍTULO: MEJORAMIENTO DE PROGRAMAS PARA RECOLECTAR BOMBILLOS Y LUMINARIAS DE VAPOR DE MERCURIO EN BOGOTÁ

AUTORES: ANDREA OLAYA CAÑÓN
RAUL EDUARDO CAICEDO ACOSTA **.

PALABRAS CLAVES: Mercurio, programas posconsumo, bombillas y luminarias de vapor de mercurio, LÚMINA.

DESCRIPCIÓN

En Colombia, la reglamentación para la disposición de bombillas se encuentra enmarcada en el decreto 4741 de 2005 y la Resolución 1511 de 2010, en la cual se obliga a los productores, proveedores y consumidores de este tipo de productos a controlar el uso de estos residuos (peligrosos), recopilarlos y disponerlos bajo condiciones controladas las cuales han sido base para la realización del presente estudio.

La legislación mencionada anteriormente estableció responsabilidades, metas en tiempo y cantidades porcentuales, de las cuales se deben reportar resultados del año 2012 por parte de las empresas inscritas ante el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en marzo 31 de 2013.

En el cumplimiento de las mismas, en Colombia se han inscrito tres programas de manera formal ante Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y para el caso de Bogotá, bajo el liderazgo de la Asociación Nacional de Industriales (ANDI) se constituyó el programa LÚMINA conformado por el 95% de empresas que conforman el mercado de la iluminación en Colombia.

A partir del presente estudio se pretendió conocer el impacto del programa en la ciudad de Bogotá, su divulgación, mecanismos de recolección y resultados con el fin de proponer recomendaciones para el mejoramiento de los programas posconsumo de bombillos y luminarias de vapor de mercurio, que permitan fortalecer la gestión, divulgación y recolección. Si bien es cierto que para el año 2012 se cumple con el propósito a nivel del país, este resultado solo representa el 5% del total de los bombillos consumidos en promedio en Colombia en los últimos 6 años por lo cual se concluye que el 95% restante no tiene control y existe una alta probabilidad que se disponga en rellenos de residuos ordinarios o informalmente. LÚMINA va cumpliendo sus objetivos pero aun falta impactar más el programa y la cultura ciudadana

*Monografía

**Especialización en ingeniería ambiental, Escuela de Ingeniería Química,. Director. Esp. Richard Díaz Guerrero.

TITLE: IMPROVEMENT PROGRAMS TO COLLECT BULBS AND MERCURY VAPOR LAMPS IN BOGOTA.

AUTHORS: ANDREA OLAYA CAÑÓN
RAUL EDUARDO CAICEDO ACOSTA.

KEY WORDS: MERCURY, POSTCONSUMER PROGRAMS, BULBS, AND MERCURY VAPOR LAMPS, LUMINA

DESCRIPTION.

In Colombia, the regulation for disposal of bulbs it is framed in Decree 4741 of 2005 and Resolution 1511 of 2010, which forces producers, suppliers and consumers of these kind of products to control the use of the waste (dangerous), Aforementioned legislation established responsibilities, time goals and percentages that must report results for 2012 by companies registered with Environment Ministry, This report should be presented in March 31, 2012.

There are three programs formally registered with Environment Ministry in Colombia, and for Bogota, under leadership of ANDI (Spanish initials for National Association of Industrials) was established the LUMINA PROGRAM, composed by almost 95% of the companies that cover lighting Colombian market.

This study was intended to determine the impact of the program in Bogota, disclosure, collection mechanisms and results in order to propose recommendations to improve postconsumer bulbs programs and mercury vapor lamps that allow to strength management, disclosure and collection. While it is true that by 2012 the Colombian purpose is fulfilled, this result only represents aprox 5% of the total of bulbs consumed in Colombia during the last 6 months; based on that, we conclude that 95% of the consumption is out of any control, which give a high possibility that disposal be informal and made in landfills of ordinary trash. LUMINA is meeting their goals but the impact in the program is still weak as well as the civic culture.

*Monograph

** Specialization in maintenance management. School of Chemical Engineering, Director, Eng. Richard Díaz. Guerrero

INTRODUCCIÓN

Los bombillos y luminarias de vapor de mercurio consumen cuatro veces menos energía y pueden durar hasta diez veces más que un bombillo incandescente, razón por la cual se han convertido en una alternativa para asegurar el uso eficiente de energía a nivel mundial. Hasta el momento esta tecnología no ha sido reemplazada por otra que ofrezca mejores resultados y no representa una amenaza para la salud humana ni el medio ambiente estando en condiciones intactas, sin embargo, al cumplir con su ciclo de vida, sí constituyen un problema debido a las liberaciones de mercurio que pueden provocarse si existe un mal tratamiento de sus residuos.

El mercurio es un elemento que existe en la naturaleza bajo diferentes estados y tiene diversos efectos adversos especialmente para el sistema nervioso de los seres humanos. El riesgo de hacer mal uso o disposición de los residuos peligrosos, es que la carga de mercurio llegue a contaminar las cuencas de los ríos y bosques lo cual traería como consecuencia un peligro teniendo en cuenta las características de persistencia, biocumulación y biomagnificación de este material que hace que “viaje” por todo el planeta y sea difícil controlar su eliminación ya que hace parte de la cadena alimenticia iniciando con los peces, continuando con los animales y finalizando en el ser humano. Pequeñas dosis de compuestos de mercurio pueden provocar deterioros serios de la salud a través del tiempo. El vapor de mercurio se absorbe en los pulmones, se disuelve en la sangre, y es transportado al cerebro, donde provoca grandes daños irreversibles en el sistema nervioso central, daño a las funciones del cerebro, daño en el ADN y cromosomas además de reacciones alérgicas, irritación de la piel, cansancio, dolor de cabeza, efectos negativos en la reproducción, daño en el esperma, defectos de nacimientos y abortos.

En Colombia, existe una reglamentación que obliga a los productores, proveedores y consumidores de este tipo de productos a controlar el uso de los residuos, recopilarlos y disponerlos bajo condiciones controladas. Esta monografía tiene como objetivo investigar el desarrollo de los programas para recolectar bombillos y luminarias de vapor de mercurio en Bogotá y proponer soluciones que permitan mejorar su desempeño. Para obtener la información de entrada que ayudara a definir el problema, se consultó a través de buscadores de la red la reglamentación aplicable en Bogotá y las disposiciones establecidas en ella, al igual que los mecanismos vigentes para asegurar su cumplimiento. Se realizaron entrevistas con entidades y personas que lideran los programas de gestión de residuos, visitas a los centros de acopio y se tuvo en cuenta la cultura de los ciudadanos de la capital, como insumo para proponer soluciones que aseguren un mejor desempeño de estos programas.

Metodológicamente esta monografía está estructurada en cuatro capítulos que comprenden desde el planteamiento del problema hasta la propuesta de soluciones para hacer más eficientes los programas de gestión de residuos actualmente vigentes en la ciudad de Bogotá. Incluye fundamentos teóricos asociados con las partes y el mecanismo de funcionamiento de los bombillos y lámparas de mercurio, las características y peligros de estar expuesto a este material y la descripción de los programas de gestión. Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones propuestas para la mejora del desempeño de los programas.

1. PRELIMINARES

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colombia desde el año 2005 expidió la política para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos, los objetivos específicos orientan su aplicación a la minimización y prevención en la generación y a promover el manejo ambientalmente adecuado de los Residuos Peligrosos -RESPEL. La promoción de los procedimientos adecuados para la gestión integral también hace parte de los objetivos específicos que se ha trazado en la política nacional. Las obligaciones de las autoridades ambientales están establecidas en el Capítulo V del Decreto 4741 de 30 de noviembre de 2005 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y en el cual se considera como residuo peligroso, Desechos que tengan como constituyentes o contaminantes cualquiera de sustancias y/o compuestos de Mercurio.

Los sistemas de iluminación contribuyen a la contaminación con desechos propios de sus elementos, especialmente el de luminarias, ya que estas poseen (a excepción de las incandescentes) componentes nocivos como el mercurio, un metal pesado y tóxico, en cantidad que oscila entre 2 y 10 mg por bombilla.

Las lámparas fluorescentes compactas- LFC, consumen cuatro veces menos energía y pueden durar hasta diez veces más que un bombillo común y estando en condiciones intactas no representan una amenaza para la salud humana y el medio ambiente, mientras la gente puede estar expuesta a niveles tóxicos de vapor de mercurio por las lámparas rotas. Aunque cada lámpara fluorescente sólo contiene una pequeña cantidad de mercurio, si suele ser importante los millones de vertimientos de la masa acumulada de mercurio.

Estos residuos peligrosos (RESPEL) están siendo manejados conjuntamente con los residuos no peligrosos a través de la prestación del servicio público domiciliario de aseo y dispuestos en los rellenos sanitarios y en los peores casos en los botaderos a cielo abierto, los cuales no garantizan el manejo ambientalmente adecuado de los mismos.

1.2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.2.1. Objetivo general

Mejorar los programas para recolectar bombillos y luminarias de vapor de mercurio en Bogota

1.2.2. Objetivos específicos

- Investigar qué programas se han desarrollado en Bogotá para recolectar y disponer bombillos y luminarias de vapores de mercurio.
- Investigar las metodologías aplicadas por los entes involucrados en programas posconsumo para su divulgación.
- Evaluar la cobertura que estos programas han tenido en la ciudad de Bogotá
- Proponer soluciones y metodologías para el mejoramiento de estos programas.

2. MARCO TEORICO

2.1. GENERALIDADES

2.1.1. Tipos y características de las bombillas y luminarias de vapor de mercurio

Las lámparas de vapor de mercurio se clasifican así:

- Baja presión: Lámparas fluorescentes
- Alta presión: Lámparas de vapor de mercurio de alta presión, lámparas de mezcla y lámparas con halogenuros metálicos.

Baja presión: Lámparas Fluorescentes: Las partes principales que componen las lámparas fluorescentes son:

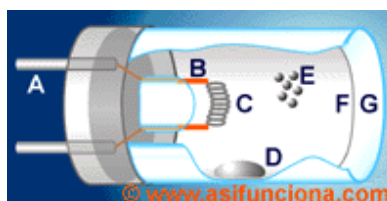
- Tubo de descarga
- Casquillos con los filamentos
- Cebador, encendedor o arrancador (*starter*)
- Balasto (*ballast*)
-

Tubo de descarga. El cuerpo o tubo de descarga de las lámparas fluorescentes se fabrica de vidrio, con diferentes longitudes y diámetros. La longitud depende, fundamentalmente, de la potencia en watt (W) que desarrolle la lámpara. El diámetro, por su parte, se ha estandarizado a 25,4 mm (equivalente a una pulgada) en la mayoría de los tubos. Los más comunes y de uso más generalizado tienen forma recta, aunque también se pueden encontrar con forma circular.

La pared interior del tubo se encuentra recubierta con una capa de sustancia fosforescente o fluorescente, cuya misión es convertir los rayos de luz ultravioleta (que se generan dentro y que no son visibles para el ojo humano), en radiaciones de luz visible. Para que eso ocurra, su interior se encuentra relleno con un gas inerte, generalmente argón (Ar) y una pequeña cantidad de mercurio (Hg) líquido. El gas argón se encarga de facilitar el surgimiento del arco eléctrico que posibilita el encendido de la lámpara, así como de controlar también la intensidad del flujo de electrones que atraviesa el tubo

Casquillos. La mayoría de los tubos fluorescentes rectos poseen en cada uno de sus extremos un casquillo con dos patillas o pines de contactos eléctricos externos, conectadas interiormente con los filamentos de caldeo o de precalentamiento. Estos filamentos están fabricados con metal de tungsteno, conocido también como wolframio (W), recubiertos de calcio (Ca) y magnesio (Mg) y su función principal en los tubos de las lámparas fluorescente es calentar previamente el gas argón que contienen en su interior para que se puedan encender.

Figura 1. Partes de una luminaria



Patillas o pines de contacto. B. Electrodo. C. Filamento de tungsteno. D. Mercurio (Hg) líquido. E. Átomos de gas argón (Ar). F. Capa o recubrimiento fluorescente de fósforo (P). G. Tubo de descarga de cristal

FUENTE: Página web asifunciona.com – sección electrotecnia

El recubrimiento de calcio y magnesio que poseen los filamentos facilita la aparición del flujo de electrones necesario para que se efectúe el encendido de la lámpara. En medio de ese proceso los filamentos se apagan y se convierten en dos electrodos, a través de los cuales se establece ese flujo de corriente o de electrones

Los tubos fluorescentes constan de una envoltura de vidrio, cubierta interiormente con compuestos de fósforo y dos cátodos, uno en cada extremo, con electrodos los cuales conducen la energía desde y hacia los cátodos (ver figura 1). La radiación emitida es primordialmente ultravioleta, y por tanto se requiere la capa de fósforo para absorber la energía y convertirla a radiación visible

Alta presión: Lámparas de vapor de mercurio de alta presión, lámparas de mezcla y lámparas con halogenuros metálicos

Lámparas de vapor de mercurio a alta presión.

A medida que se aumenta la presión del vapor de mercurio en el interior del tubo de descarga, la radiación ultravioleta característica de la lámpara a baja presión pierde importancia respecto a las emisiones en la zona visible (violeta de 404,7 nm, azul 435,8 nm, verde 546,1 nm y amarillo 579 nm). En estas condiciones la luz emitida, de color azul verdoso, no contiene radiaciones rojas.

Para resolver este problema se acostumbra a añadir sustancias fluorescentes que emitan en esta zona del espectro. De esta manera se mejoran las características cromáticas de la lámpara. La temperatura de color se mueve entre 3500 y 4500 K con índices de rendimiento en color de 40 a 45 normalmente. La vida útil, teniendo en cuenta la depreciación, se establece en unas 8000 horas. La eficacia oscila entre 40 y 60 lm/W y aumenta con la potencia, aunque para una misma potencia

es posible incrementar la eficacia añadiendo un recubrimiento de polvos fosforescentes que conviertan la luz ultravioleta en visible.

Los modelos más habituales de estas lámparas tienen una tensión de encendido entre 150 y 180 V que permite conectarlas a la red de 220 V sin necesidad de elementos auxiliares. Para encenderlas se recurre a un electrodo auxiliar próximo a uno de los electrodos principales que ioniza el gas inerte contenido en el tubo y facilita el inicio de la descarga entre los electrodos principales. A continuación se inicia un periodo transitorio de unos cuatro minutos, caracterizado porque la luz pasa de un tono violeta a blanco azulado, en el que se produce la vaporización del mercurio y un incremento progresivo de la presión del vapor y el flujo luminoso hasta alcanzar los valores normales. Si en estos momentos se apagara la lámpara no sería posible su reencendido hasta que se enfriara, puesto que la alta presión del mercurio haría necesaria una tensión de ruptura muy alta.

Lámparas de luz de mezcla.

Las lámparas de luz de mezcla son una combinación de una lámpara de mercurio a alta presión con una lámpara incandescente y, habitualmente, un recubrimiento fosforescente. El resultado de esta mezcla es la superposición, al espectro del mercurio, del espectro continuo característico de la lámpara incandescente y las radiaciones rojas provenientes de la fosforescencia.

Su eficacia se sitúa entre 20 y 60 lm/W y es el resultado de la combinación de la eficacia de una lámpara incandescente con la de una lámpara de descarga. Estas lámparas ofrecen una buena reproducción del color con un rendimiento en color de 60 y una temperatura de color de 3600 K. La duración viene limitada por el tiempo de vida del filamento que es la principal causa de fallo. Respecto a la

depreciación del flujo hay que considerar dos causas. Por un lado tenemos el ennegrecimiento de la ampolla por culpa del wolframio evaporado y por otro la pérdida de eficacia de los polvos fosforescentes. En general, la vida media se sitúa en torno a las 6000 horas.

Una particularidad de estas lámparas es que no necesitan balasto ya que el propio filamento actúa como estabilizador de la corriente. Esto las hace adecuadas para sustituir las lámparas incandescentes sin necesidad de modificar las instalaciones.

Lámparas con halogenuros metálicos.

Si añadimos en el tubo de descarga yoduros metálicos (sodio, talio, indio...) se consigue mejorar considerablemente la capacidad de reproducir el color de la lámpara de vapor de mercurio. Cada una de estas sustancias aporta nuevas líneas al espectro (por ejemplo amarillo el sodio, verde el talio y rojo y azul el indio).

Los resultados de estas aportaciones son una temperatura de color de 3000 a 6000 K dependiendo de los yoduros añadidos y un rendimiento del color de entre 65 y 85. La eficiencia de estas lámparas ronda entre los 60 y 96 lm/W y su vida media es de unas 10000 horas. Tienen un periodo de encendido de unos diez minutos, que es el tiempo necesario hasta que se estabiliza la descarga. Para su funcionamiento es necesario un dispositivo especial de encendido, puesto que las tensiones de arranque son muy elevadas (1500-5000 V).

Las excelentes prestaciones cromáticas la hacen adecuada entre otras para la iluminación de instalaciones deportivas, para retransmisiones de TV, estudios de cine, proyectores, etc.

2.1.2. El mercurio

El mercurio es un elemento que existe en la naturaleza bajo diferentes modalidades, ya sea en forma metálica (de color plateado y líquido), de vapor o gas, combinado con otros elementos (como cloro, sulfuro u oxígeno) para formar sales orgánicas, o bien formando compuestos orgánicos (como el metilmercurio o el fenilmercurio), los cuales también pueden presentarse en forma de sales. A través de procesos naturales, en los que pueden intervenir microorganismos, el mercurio inorgánico puede ser transformado lentamente en mercurio orgánico.

El mercurio se da de manera natural en el medio ambiente y existe en una gran variedad de formas. Al igual que el plomo y el cadmio, el mercurio es un elemento constitutivo de la tierra, un metal pesado. En su forma pura, se lo conoce como mercurio “elemental” o “metálico” (representado también como Hg(0) o Hg⁰). Rara vez se le encuentra en su forma pura, como metal líquido; es más común en compuestos y sales inorgánicas. El mercurio puede enlazarse con otros compuestos como mercurio monovalente o divalente (representado como Hg(I) y Hg(II) o Hg²⁺, respectivamente). A partir del Hg(II) se pueden formar muchos compuestos orgánicos e inorgánicos de mercurio.

El mercurio elemental es un metal blanco plateado brillante, en estado líquido a temperatura ambiente, que normalmente se utiliza en termómetros y en algunos interruptores eléctricos. A temperatura ambiente, y si no está encapsulado, el mercurio metálico se evapora parcialmente, formando vapores de mercurio. Los vapores de mercurio son incoloros e inodoros. Cuanto más alta sea la temperatura, más vapores emanarán del mercurio metálico líquido. Algunas personas que han inhalado vapores de mercurio indican haber percibido un sabor metálico en la boca.

El mercurio se extrae como sulfuro de mercurio (mineral de cinabrio). A lo largo

de la historia, los yacimientos de cinabrio han sido la fuente mineral para la extracción comercial de mercurio metálico. La forma metálica se refina a partir del mineral de sulfuro de mercurio calentando el mineral a temperaturas superiores a los 540° C. De esta manera se vaporiza el mercurio contenido en el mineral, y luego se captan y enfrían los vapores para formar el mercurio metálico líquido.

Algunos de los compuestos inorgánicos de mercurio son: sulfuro de mercurio (HgS), óxido de mercurio (HgO) y cloruro de mercurio (HgCl₂). A estos compuestos también se les conoce como sales de mercurio. La mayoría de los compuestos inorgánicos de mercurio son polvos o cristales blancos, excepto el sulfuro de mercurio, que es rojo y se vuelve negro con la exposición a la luz.

Algunas sales de mercurio (como el HgCl₂) son lo bastante volátiles para existir como gas atmosférico. Sin embargo, la solubilidad en agua y reactividad química de estos gases inorgánicos (o divalentes) de mercurio hacen que su deposición de la atmósfera sea mucho más rápida que la del mercurio elemental. Esto significa que la vida atmosférica de los gases de mercurio divalentes es mucho más corta que la del gas de mercurio elemental.

Liberación del mercurio de los residuos de lámparas fluorescentes al ambiente.

En los residuos urbanos es común encontrar mezclados residuos de lámparas fluorescentes con contenido de mercurio, los cuales históricamente han sido dispuestos en los rellenos sanitarios en el mejor de los casos o en los botaderos al aire libre donde se llevan a cabo emisiones a la atmósfera por la volatilización del mercurio y la infiltración de lixiviados de este tipo de residuos a los depósitos de agua subterránea

El mercurio está presente en todo el medio ambiente.

Los niveles de mercurio en el medio ambiente han aumentado considerablemente desde el inicio de la era industrial. El mercurio se encuentra actualmente en diversos medios y alimentos (especialmente el pescado) en todas partes del mundo a niveles que afectan adversamente a los seres humanos y la vida silvestre. La actividad del hombre ha generalizado los casos de exposición, y las prácticas del pasado han dejado un legado de mercurio en vertederos, los desechos de la minería y los emplazamientos, suelos y sedimentos industriales contaminados. Hasta las regiones donde se registran emisiones mínimas de mercurio, como el Ártico, se han visto adversamente afectadas debido al transporte transcontinental y mundial del mercurio.

Persistencia del mercurio.

La fuente más importante de contaminación con mercurio son las emisiones al aire, pero se producen también emisiones de mercurio de diversas fuentes que van directamente al agua y a la tierra. Una vez liberado, el mercurio permanece en el medio ambiente, donde circula entre el aire, el agua, los sedimentos, el suelo y la biota en diversas formas. Las emisiones actuales se añaden al fondo de mercurio existente en el mundo que se sigue movilizándose, depositándose en la tierra y el agua y volviendo a moverse.

La forma en que se libera el mercurio varía según los tipos de fuentes y otros factores. La mayoría de las emisiones al aire son en forma de mercurio elemental gaseoso, que es transportado en todo el mundo a regiones alejadas de las fuentes de emisión. Las emisiones restantes se producen en forma de mercurio gaseoso, inorgánico, iónico (como el cloruro de mercurio) o consolidado en partículas emitidas. Estas formas tienen un período de vida más corto en la atmósfera y se pueden depositar en tierras o masas de agua a

distancias aproximadas de 100 a 1000 kilómetros de su fuente. El mercurio elemental en la atmósfera puede transformarse en mercurio iónico, que crea una vía importante para el depósito del mercurio elemental emitido.

Una vez depositado, el mercurio puede cambiar de forma (principalmente por metabolismo microbiano) y convertirse en metilmercurio, que tiene la capacidad de acumularse en organismos (bioacumulación) y concentrarse en las cadenas alimentarias (biomagnificación), especialmente en la cadena alimentaria acuática (peces y mamíferos marinos). El metilmercurio es, pues, la forma que causa mayor preocupación. Casi todo el mercurio que se encuentra en los peces es metilmercurio.

Efectos graves de la exposición al mercurio.

El mercurio tiene diversos efectos adversos, importantes y documentados, sobre la salud humana y el medio ambiente de todo el mundo. El mercurio y sus compuestos son sumamente tóxicos, especialmente para el sistema nervioso en desarrollo. El nivel de toxicidad en seres humanos y otros organismos varía según la forma química, la cantidad, la vía de exposición y la vulnerabilidad de la persona expuesta. Los seres humanos pueden estar expuestos al mercurio de diversas formas, incluido, entre otras cosas, el consumo de pescado, los usos ocupacionales y domésticos, las amalgamas dentales y las vacunas que contienen mercurio.

El metilmercurio tiene efectos adversos para los seres humanos y la vida silvestre. Este compuesto atraviesa rápidamente la barrera placentaria y la barrera hematoencefálica, y es un neurotóxico que puede afectar muy negativamente el desarrollo del cerebro.

Los estudios han demostrado que la presencia de metilmercurio en las dietas

de mujeres embarazadas puede surtir efectos adversos sutiles pero persistentes en el desarrollo del niño, que se observan desde el comienzo de la edad escolar. Algunos estudios indican, además, que los pequeños aumentos en la exposición al metilmercurio pueden afectar negativamente al sistema cardiovascular. Un número importantísimo de personas y animales silvestres están actualmente expuestos a niveles que plantean riesgos de este tipo y posiblemente otros efectos adversos.

Algunos grupos reaccionan de manera particular a la exposición al mercurio, en particular los fetos, los recién nacidos y los niños pequeños, debido a que el sistema nervioso en desarrollo es muy delicado. De ahí que los padres, las mujeres embarazadas y las que pudieran estarlo deban tener plena conciencia de los posibles daños que causa el metilmercurio. El consumo moderado de pescado (con niveles de mercurio bajos) probablemente no presentará un nivel peligroso de exposición. Las poblaciones indígenas, sin embargo, así como otros grupos que consumen grandes cantidades de pescado o mamíferos marinos contaminados, y los trabajadores que están expuestos al mercurio, como los que trabajan en actividades mineras de oro y plata en pequeña escala, pueden estar expuestos a niveles altos de mercurio y, por lo tanto, corren riesgo.

Aparte de su importancia para muchas culturas indígenas, el pescado constituye un componente muy valioso de la dieta humana en muchas partes del mundo, ya que proporciona nutrientes que, por regla general, no se encuentran en otras fuentes alimenticias. El mercurio constituye una importante amenaza para esta fuente de alimentos. De igual modo, el pescado contaminado puede crear graves problemas económicos para las comunidades y regiones que dependen de la pesca para su supervivencia.

Hay también algunos ecosistemas y poblaciones de vida silvestre que son

particularmente vulnerables, entre ellos los principales depredadores de las redes alimenticias acuáticas (como las aves y los mamíferos que se alimentan de pescado), los ecosistemas del Ártico, los humedales, los ecosistemas tropicales y las comunidades microbianas del suelo.

Uso y comercio del mercurio.

Pese a que hay un mayor conocimiento de los riesgos que entraña el mercurio, éste se sigue usando en diversos productos y procesos en todo el mundo. El metal de mercurio elemental se utiliza en la minería del oro y la plata en pequeña escala; la producción de cloro alcalino; los manómetros de medición y control; los termómetros, interruptores eléctricos; lámparas fluorescentes, y amalgamas dentales. Los compuestos del mercurio se utilizan en baterías, biocidas en la industria del papel, productos farmacéuticos, pinturas y desinfectantes de semillas y como reactivos de laboratorio y catalizadores industriales.

Hay un comercio importante y permanente de mercurio y productos que contienen mercurio, parte del cual es ilícito y no está controlado ni regulado. Esta corriente de mercurio en el comercio internacional es la parte menos conocida de los importantes movimientos mundiales de este mineral. Pese a que en los últimos años han disminuido las cantidades de mercurio comercializadas (y extraídas), todavía se transportan cantidades considerables. Preocupa en particular el hecho de que no ha disminuido la demanda en muchas naciones en desarrollo. El mercurio disponible en el mercado mundial proviene de diversas fuentes, entre otras:

- La minería del mercurio (extraído de minerales de la corteza de la tierra), ya sea como producto principal o como subproducto de la extracción y la refinación de otros metales (oro, zinc) o minerales;
- Las existencias privadas y gubernamentales (mercurio en plantas de

cloro-álcali, reservas oficiales);

- El mercurio reciclado de productos agotados y desechos industriales.

Aunque sujetos a reglamentos y restricciones, actualmente en vigor, muchos de los usos y movimientos del mercurio y de productos que contienen mercurio probablemente darán lugar a liberaciones de mercurio al medio ambiente mundial. Entretanto, siguen constituyendo un peligro de liberaciones futuras las grandes cantidades de mercurio que permanecen en desechos de minería, depósitos de basura y sedimentos, así como en los almacenes. En consecuencia, tal vez sea conveniente la adopción de medidas para reducir, manejar y ordenar los usos, las existencias y el comercio en los planos local, regional, nacional e internacional para prevenir o reducir al mínimo las futuras liberaciones.

Penetración del mercurio en las personas y el medio ambiente.

Aunque las condiciones locales pueden influir en la exposición al mercurio de ciertas poblaciones, la mayoría de las personas están expuestas principalmente al metilmercurio por medio de los alimentos (especialmente el pescado) y a los vapores del mercurio elemental en la forma de amalgamas dentales y actividades laborales. El vapor de mercurio elemental es también tóxico para el sistema nervioso y otros órganos. Mientras que el metilmercurio es el principal motivo de preocupación para la población en general, también preocupan las exposiciones a elevadas concentraciones de mercurio elemental.

Se han medido niveles elevados de metilmercurio en numerosas especies de peces marinos y de agua dulce de todo el mundo. Se encuentran niveles elevados en los peces depredadores de gran tamaño y en mamíferos que consumen peces. Los estudios de la exposición en diferentes zonas geográficas

indican que una proporción importante de seres humanos y vida silvestre de todo el mundo está expuesta a niveles de metilmercurio que son motivo de preocupación, principalmente por el consumo de pescado contaminado.

Según el grado de contaminación local con mercurio, la ingesta total de mercurio por el agua y el aire puede aportar otras cantidades sustanciales. Además, el empleo de cremas y jabones para aclarar la piel, el uso del mercurio con ciertos fines religiosos, culturales y rituales, su uso en algunas medicinas tradicionales y el mercurio en los hogares y en el ambiente de trabajo pueden dar lugar a aumentos sustanciales de la exposición humana. Se producen también exposiciones por el uso de vacunas y otros productos farmacéuticos que contienen preservantes de mercurio (como el timerosal o el tiomersal).

Se han notificado niveles elevados de mercurio elemental en el entorno de trabajo de plantas de cloro-álcali, minas de mercurio, fábricas de termómetros, refinerías, clínicas dentales y la minería y procesamiento de oro y plata extraídos con mercurio. Los efectos relativos de la contaminación local (como en las minas clausuradas), la exposición ocupacional y las tradiciones locales pueden variar considerablemente de un país a otro y se sabe que son importantes en algunas zonas.

Numerosas especies de animales silvestres con dietas basadas principalmente en el pescado pueden tener niveles de mercurio elevados que aumentan el riesgo de los efectos adversos. Entre los animales con niveles de mercurio más altos figuran, entre otros, la nutria, el visón, las aves de rapiña, las águilas y el Martín pescador, que son los depredadores que se encuentran en el nivel superior de la cadena alimentaria acuática. Por ejemplo, los huevos de ciertas especies de aves canadienses presentan niveles de mercurio que amenazan la reproducción. Además, los niveles de mercurio en la foca anillada y la

ballena blanca del Ártico han aumentado de dos a cuatro veces en los últimos 25 años en algunas zonas de Groenlandia y el Ártico canadiense. En aguas más cálidas, algunos mamíferos marinos predadores también están expuestos a riesgos. Además, estudios recientes indican que hay suelos adversamente afectados en grandes partes de Europa y posiblemente en muchos otros lugares. En algunos medios, sin embargo, ni siquiera las cargas de mercurio relativamente altas surten efectos perceptibles en los organismos, ya que bien no se ha producido una bioacumulación efectiva de mercurio en la cadena alimentaria local o su metilación no resulta fácil. Por otra parte, en ciertos lugares, es posible que los efectos de las prácticas de ordenación de las cuencas hidrográficas en los niveles de metilmercurio sean más importantes que las aportaciones directas o difusas de mercurio.

Exposición al mercurio.

A diferencia de otros metales, el mercurio está continuamente recirculando en los distintos compartimentos ambientales, a lo cual se agrega su metilación a través de procesos biológicos y su bioacumulación en diferentes organismos vivos.

La contaminación del suelo y de los cultivos agrícolas ocurre tanto por el depósito de las partículas del aire, como de la irrigación de cultivos o su fertilización con aguas o con lodos de plantas de tratamiento de agua residual conteniendo concentraciones elevadas de mercurios de origen industrial.

Ya que se le encuentra normalmente en la naturaleza y existen múltiples fuentes antropogénicas que lo emiten al ambiente, todos podemos llegar a exponernos a bajas concentraciones de mercurio a través del aire (inhalación), el agua y los alimentos (ingestión).

El mercurio en el medio acuático se acumula en la biota conforme aumenta su edad y se biomagnifica en cada uno de los niveles tróficos que constituyen la cadena alimentaria. Por lo anterior, y de acuerdo con el Programa Internacional de Seguridad Química (PSIQ) de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la forma más riesgosa de exposición deriva de la ingestión de pescado conteniendo niveles elevados de metilmercurio.

También puede darse la exposición a partir del consumo de medicamentos y cosméticos que contengan mercurio y del contacto con otros productos descritos previamente, en todos los casos, la magnitud de la exposición puede variar grandemente.

Para determinar la exposición humana, es preciso tomar en cuenta el ingreso diario de mercurio al organismo por distintas vías (por ejemplo ingestión de alimentos), la forma particular de mercurio que ingresa (por ej. el metilmercurio) y el tiempo de retención dentro del organismo.

El mercurio, en contacto con el agua, se transforma en un potente veneno cuyo efecto tarda unos 50 años en desaparecer. Afecta a animales y plantas, y, por la cadena alimenticia, también al hombre.

Los elementos más frecuentes de contaminación de suelos provocados por la mala disposición final de los residuos de lámparas fluorescentes son los metales como el mercurio, zinc, níquel, cadmio, plomo, y manganeso.

Efectos tóxicos en seres humanos

La exposición a concentraciones elevadas del mercurio puede provocar daños permanentes en el cerebro, los riñones y en los fetos en desarrollo, como ocurrió en los habitantes de Minamata en Japón que ingirieron pescado

contaminado con mercurio o con la población de Guatemala que ingirió semillas tratadas con mercurio. En particular, el sistema nervioso es muy sensible a los efectos del mercurio, los cuales se manifiestan por distintos tipos de desórdenes que son más severos conforme la exposición aumenta: irritabilidad, nerviosismo, temblor, cambios en la visión y audición, problemas de memoria. Aunado a lo anterior, exposiciones de corta duración a vapores conteniendo concentraciones elevadas de mercurio metálico, así como exposiciones continuas por largos periodos a concentraciones menores, pueden dañar los pulmones, causa náusea, vómito o diarrea, elevar la presión sanguínea y causar irritación de la piel y de los ojos.

La absorción del mercurio depende de su forma química, por ejemplo, el metilmercurio se absorbe en 90% y el cloruro de mercurio sólo en 2%. Los niños son especialmente vulnerables a los efectos del mercurio ya que pasa más a su cerebro que en el adulto e interfiere con su desarrollo.

Efectos tóxicos en animales

En los animales produce los mismos efectos que en las personas, en ellos han sido estudiados los efectos de la exposición de corta y larga duración a través del agua, de los alimentos o de la inhalación de polvo. Estos estudios muestran que por vía oral el mercurio inorgánico puede ocasionar daño renal, efectos en la presión sanguínea y el estómago, así como reacciones autoinmunes y alteraciones en el sistema nervioso. Por su parte, la exposición a corto plazo afecta a fetos. El mercurio orgánico en exposiciones a largo plazo provoca daño renal, estomacal, intestinal, alteraciones en la presión sanguínea, efectos adversos en el feto, esperma y órganos reproductivos masculinos, además de abortos espontáneos y muertes al nacer; el sistema nervioso es más sensible que los otros órganos a los efectos tóxicos de estos compuestos; también hay indicios de que pudiera ocasionar cáncer renal.

2.1.3. Reglamentación aplicable a la gestión de residuos de bombillas y luminarias de vapor de mercurio

En Colombia se inicia el desarrollo normativo en materia ambiental frente a la gestión de residuos de aparatos eléctricos (del cual hacen parte los bombillos y luminarias de vapor de mercurio) con el Decreto Ley 2811 de Julio 26 de 1974 o Código de Recursos Naturales expedido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en el que se establece que atendiendo al volumen y a la cantidad de los residuos generados, se impondrá a quien los produce la obligación de recolectarlos, tratarlos, o disponer de ellos. Esta afirmación regula la responsabilidad frente a los residuos, pero aun no discrimina el tipo de residuos que se producen.

Esta norma es reglamentada por la Ley 9 de enero 24 de 1979 expedido por el Congreso de Colombia y en ella se contemplan disposiciones generales de orden sanitario para el manejo, uso, disposición y transporte de residuos sólidos y establece la responsabilidad de la cual son titulares quienes produzcan basuras con características especiales calificando de esta manera los residuos sólidos. Este planteamiento es desarrollado por la resolución 2309 de 24 de Febrero de 1986 expedido por el Ministerio de Salud, la cual definió los residuos peligrosos aunque no los llamó de esa manera, sino que los caracterizó como especiales. Otras disposiciones posteriores, como la Resolución 189 de 15 de julio de 1994, expedida por el Ministerio de Ambiente, prohíbe la introducción al país de desechos tóxicos.

En materia asociada al desarrollo de las funciones ambientales de los municipios, el concejo del Distrito Capital de Bogotá en uso de sus atribuciones constitucionales y legales, expidió el acuerdo 19 de 1996 por medio del cual adopto el Estatuto General de protección Ambiental del Distrito Capital, por el

cual se dictaron normas básicas para garantizar el patrimonio ecológico, los recursos naturales y el medio ambiente.

Con el Decreto Reglamentario 4741 de 30 de noviembre de 2005 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (reglamentario del Decreto Ley 2811 de diciembre 18 de 1974, Código de Recursos Naturales Renovables, de la Ley 9 de enero 24 de 1979 expedida por el Congreso de Colombia y de la ley 430 de enero 16 de 1998 expedida por el Congreso de la Republica, hoy derogada), referente a la prevención y manejo de residuos o desechos peligrosos, se buscó en el marco de la gestión integral de residuos, prevenir la generación de residuos o desechos peligrosos, así como regular el manejo de los residuos o desechos generados, con el fin de proteger la salud humana y el medio ambiente.

En el anexo 2 del decreto en referencia (ver anexo 1), se establece que se consideran como residuos peligrosos, los incluidos en la lista de residuos o desechos peligrosos por corriente de residuo y que bajo el código A1180 se identifican los Montajes eléctricos y electrónicos de desecho o restos de estos que contengan componentes como acumuladores y otras baterías incluidos en la lista A, interruptores de mercurio, vidrios de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados y capacitadores de PCB, o contaminados con constituyentes del Anexo I (por ejemplo, cadmio, mercurio, plomo, bifenilo policlorado) en tal grado que posean alguna de las características del Anexo III (véase la entrada correspondiente en la lista B B1110), evidenciando de esta manera el contenido de peligrosidad que algunos de los componentes de aparatos eléctricos y electrónicos integran. Por lo anterior y en el marco de la política integral de manejo de Residuos Peligrosos, se establece la necesidad de regular la gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, determinando entre otras metas, la reducción de su generación.

El acuerdo 322 de septiembre 24 de 2008 del Concejo de Bogotá, ordena a la Secretaria Distrital de Ambiente, diseñar la estrategia de Gestión integral para los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEEs), para el Distrito Capital, atendiendo a los datos obtenidos respecto de su gestión, que indican que los mismos se producen en una gran cantidad en el distrito, además de que en su mayoría se disponen junto con los residuos ordinarios, desatendiendo el hecho de que los mismos contienen componentes peligrosos. El Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial por medio del Decreto 2820 de 5 de agosto de 2010, dispuso que para aparatos eléctricos y electrónicos usados no se requiere de licencia ambiental. Y por medio de la resolución 1511 de 5 de agosto 2010 expedida por el Ministerio mencionado anteriormente, en la cual se establecen los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de residuos de bombillas y se adoptan otras disposiciones.

Esta resolución establece como requisito que los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de residuos de bombillas sean formulados por los productores, los cuales podrán optar por cumplir esta obligación, mediante la constitución de un sistema individual o colectivo, según sea el caso. Se entiende como un productor de bombillas la persona natural o jurídica que, con independencia de la técnica de venta utilizada:

- Fabrique en el país bombillas bajo su propio nombre o marca o haga diseñar o fabricar bombillas y las ponga en el mercado bajo su nombre o marca;
- Ponga en el mercado bajo su nombre o marca bombillas fabricadas por terceros, siempre y cuando la marca del fabricante no aparezca en la bombilla;
- Importe o introduzca al país bombillas procedentes de otros países (incluidos aquellos que importan para su propio uso).

Unas de las características de los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de residuos de bombillas es permitir a los consumidores devolverlos a

través de puntos de recolección o mecanismos de recolección, no generar costos para el consumidor al momento de la entrega de los residuos de bombillas y contemplar alternativas de aprovechamiento y/o valorización de manera prioritaria. Los productores de bombillas están obligados a presentar a la “Dirección de Licencias, Permisos y Trámites Ambientales del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial” a más tardar el 31 de marzo de cada año, un informe, en medio físico y magnético, sobre el desarrollo del “Sistema de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Bombillas. Las metas de recolección, a partir del año 2012, deben asegurar la recolección mínima anual del 5% de los residuos de bombillas y en los años posteriores, se debe garantizar una recolección con incrementos anuales mínimos del 5% hasta alcanzar el 60% como mínimo de los residuos de bombillas.

La resolución también establece requisitos de almacenamiento, capacidad del mismo, tiempo de permanencia máximo, medidas de seguridad y restricciones respecto a evitar el aprovechamiento en estos sitios. En cuanto al transporte exige el cumplimiento del Decreto 1609 de 31 de julio de 2002 expedido por Ministerio de Transporte.

Los residuos de bombillas deberán ser gestionados debidamente en sus fases de almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento, valorización y/o disposición final, por personas naturales o jurídicas autorizadas de conformidad con las normas ambientales vigentes. También se establecen obligaciones para:

- Los productores: cumplir metas, disponer de puntos de recolección teniendo en cuenta la densidad de la población, identificar y proteger contenedores en el centro de acopio, cumplir con condiciones reglamentarias de transporte de los residuos, asumir costos de la recolección y financiar campañas de información a consumidores y público en general.

- Los proveedores: aceptar la devolución de los residuos de bombillas, sin cargo alguno para el consumidor, informar a los consumidores sobre los puntos de recolección disponer, sin costo alguno para los productores, un espacio para la ubicación del contenedor o recipiente que disponga el productor para la entrega y recolección de los residuos de bombillas por parte de los consumidores, garantizar la seguridad de los recipientes o contenedores que se ubiquen dentro de sus instalaciones para la entrega y recolección de los residuos de bombillas; apoyar campañas de divulgación y suministrar documentos de los productores asociados con el tema.
- Los consumidores deben retornar o entregar los residuos de bombillas a través de los puntos de recolección o los mecanismos equivalentes establecidos por los productores; cumplir con requisitos de manejo seguro y separar los residuos de bombillas de los residuos sólidos domésticos para su entrega en puntos de recolección.

3. MÉTODOS Y PROGRAMAS ACTUALES DE RECOLECCIÓN EN BOGOTÁ Y COLOMBIA

La UPME y el Departamento de Ingeniería de la Universidad Nacional, realizaron la caracterización de las luminarias para uso interior comercializadas en Colombia en el año 2007, encontrando un consumo en el mercado local 108,2 millones de unidades de luminarias, comprendiendo principalmente las siguientes tecnologías: incandescentes, 76,2 millones (70,4%); fluorescente tubular, 18,7 millones (17,3%); mercurio, haluro y sodio, 6,8 millones (6,3%); y, fluorescente compacta, 6,5 millones (6,0%).

De este consumo nacional se desechan anualmente en promedio 8.800 toneladas y se estima que para el año 2015 esta cifra ascenderá a 17.000 ton, que son dispuestas en rellenos sanitarios o sitios de disposición final no controlada. El manejo y la disposición actual que se da a los residuos de luminarias es a través del flujo de los residuos sólidos domésticos, donde no se puede asegurar la estabilidad de este tipo de residuos dada la fragilidad de sus componentes y por consiguiente la lixiviación de contaminantes hacia aguas superficiales o subterráneas en los rellenos sanitarios o sitios de disposición final no controlados.

El Doctor, Fernando Herrera León, profesor del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, coordinador del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales de la Universidad Nacional y uno de los autores de la investigación, explica “Si estos desechos no reciben un manejo adecuado pueden terminar en los rellenos sanitarios de los municipios y ciudades, y su manipulación y destrucción en estos sitios, ocasionar concentraciones en cantidades peligrosas de mercurio y plomo. Incluso se sabe que algunos de los componentes electrónicos que contienen son difíciles de reutilizar o de reciclar”.

Como respuesta a lo anterior, se generó mediante la Resolución 1511 de 5 de agosto de 2010 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, se establecieron los requisitos establecidos para los programas pos consumo y se establecen disposiciones referentes a metas a partir del año 2012 del 5%, con incrementos mínimos del 5% anual hasta lograr un 60%.

Otro de los problemas identificados, es que los usuarios no tienen acceso a saber que las luminarias contienen mercurio y otros residuos peligrosos y que deben ser dispuestos de manera especial, ya que los empaques primarios y secundarios no ofrecen ningún tipo de información.

Aun conociendo la problemática generada por los residuos de mercurio y para el caso que nos ocupa los RESPEL derivados de las luminarias, el principal riesgo identificado es que al hacer mal uso o disposición de dichos residuos, la carga de mercurio llegue a contaminar las cuencas de los ríos y bosques, ante su contenido de mercurio, más aun teniendo en cuenta que los mayores consumidores se encuentran en los sectores industriales y residenciales, estos últimos con el riesgo no conozcan los programas establecidos por agremiaciones empresariales como La ANDI, FENALCO entre otros.

3.1. PROGRAMAS ACTUALES EN COLOMBIA

En Colombia en la actualidad a partir del Resolución 1511 de 5 de agosto de 2010 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, se definieron las metas establecidas a partir del año 2012 y las posibilidades generadas en el mismo para realizar la recolección y gestión frente a los desechos de lámparas fluorescentes, se iniciaron diversos programas de sistemas de recolección selectiva y gestión de los residuos peligrosos derivados de las lámparas fluorescentes dañadas.

A continuación mencionaremos las iniciativas a nivel nacional y nos centraremos en las iniciativas que han tenido cubrimiento en la ciudad de Bogotá, su planificación, gestión y resultados obtenidos a la fecha.

Teniendo en cuenta que los programas debían dar inicio en el año 2012 y ser inscritos ante la Autoridad Ambiental, se identificaron los siguientes:

Tabla 1. Empresas inscritas ante el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Programa para bombillas usadas

| | TITULAR DEL SISTEMA | TIPO DE SISTEMA |
|---|--------------------------------------|---|
| 1 | Programa LÚMINA | Bombillas fluorescentes tubulares y compactas, bombillas de alumbrado exterior (mercurio, sodio, halogenuro metálico) |
| 2 | Nacional de Pilas Central S.A | Bombillas Fluorescentes compactas |
| 3 | Nacional de Pilas de Occidente S.A.S | Bombillas Fluorescentes compactas |

Fuente: Página Web del Ministerio del Medio Ambiente

- **Programa LÚMINA:** Iniciativa privada de los comerciantes y productores de luminarias a nivel nacional, liderado por la ANDI quien representa el esfuerzo colectivo de setenta y cuatro (74) empresas con un cubrimiento alrededor del 85% del mercado del sector de iluminación, para implementar un sistema de disposición y gestión ambiental de los residuos de luminarias.
- **Nacional de Pilas Central S.A.,** Ubicada en la ciudad de Medellín, quien inscribió programa ante la ANLA, para la recolección selectiva de y gestión ambiental de residuos, luminarias y/o acumuladores. El programa está dirigido a bombillos de la Marca Panasonic.

- **Nacional de pilas de Occidente S.A.S**, Ubicada en la ciudad de Santiago de Cali, Valle del Cauca, quienes inscribieron el programa ante la ANLA, para la recolección selectiva y gestión ambiental de residuos e luminarias y/o acumuladores. Este programa a la fecha realiza la recolección y posteriormente hace entrega al programa LÚMINA para su disposición.
- Adicional a las anteriores, se identificó una iniciativa particular de la empresa Havells Sylvania con el programa manejo integral y disposición final de lámparas lineales - MIL, que no fue inscrita ante el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, pero que también ha creado sistemas de recolección y gestión de residuos derivados de las luminarias. Este programa a la fecha realiza la recolección y posteriormente hace entrega al programa LUMINA para su disposición.

3.2. Desarrollo de los programas posconsumo en la ciudad de Bogotá.

Una vez abordada la problemática e identificando los programas de cubrimiento en la ciudad de Bogotá, se recurrió a realizar entrevistas con los responsables de los programas.

3.2.1. Programa LÚMINA

El programa nace en marzo de 2012, orientado a la recolección y disposición de residuos originados por luminarias usadas en dos grandes sectores: residencial e Industrial - institucional.

Respecto a la recolección en el sector residencial, Lúmina ha diseñado tres (3) tipos de contenedores para la disposición de lámparas de 1,20 cm, 0,60 cm y compactos fluorescentes; estos contenedores han sido ubicados treinta (30)

puntos en la ciudad de Bogotá, en Almacenes de Grandes Superficies, como: ÉXITO, Carrefour, Homecenter, Homesentry y Makro y 62 en otras ciudades del país.

Figura 2. Puntos de recolección



Fuente: Pagina web ANDI – programas posconsumo

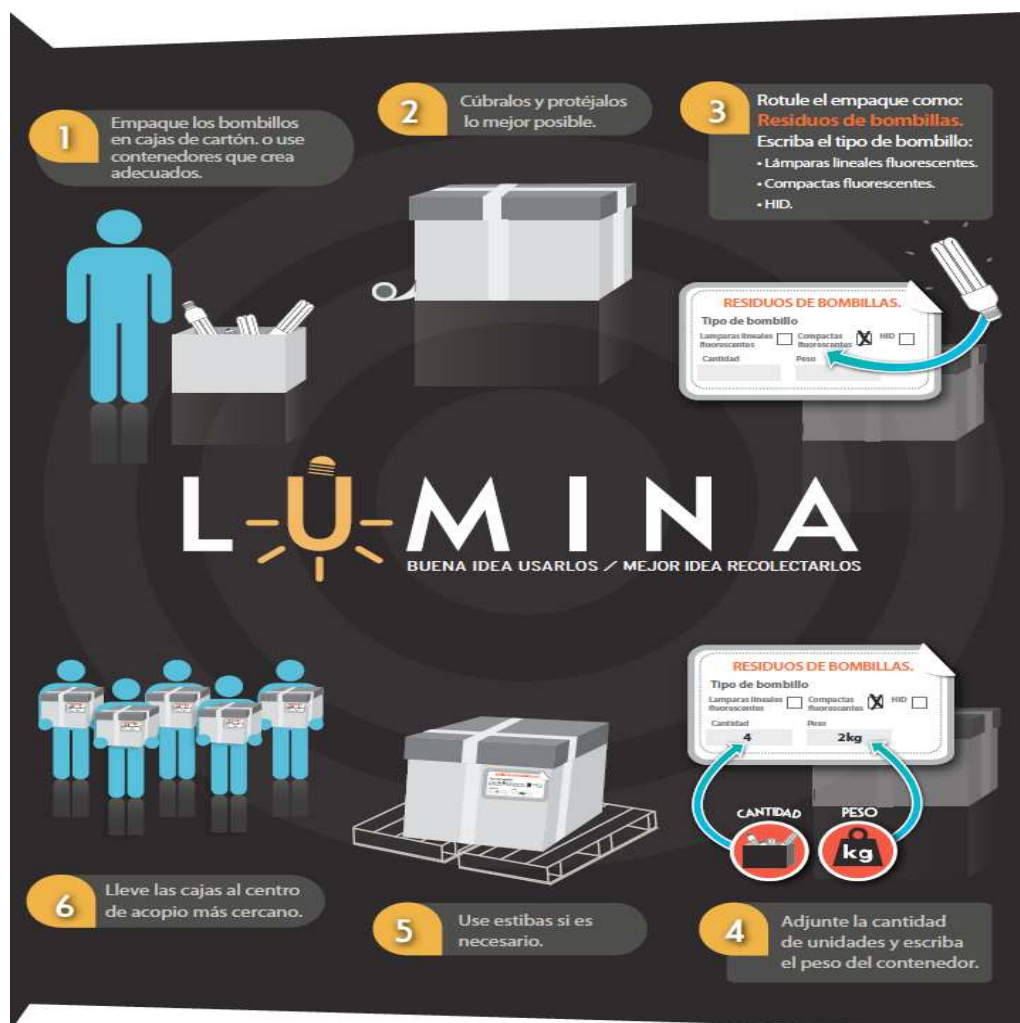
Este programa ha tenido divulgación en periódicos de circulación nacional y local, internet, señalización en los puntos de recolección de grandes superficies, ferias ecológicas, charlas de sensibilización en colegios y universidades. En el sector industrial, LÚMINA ha dispuesto empaquetar los tubos fluorescentes, luminarias ahorradoras y fluorescentes compactas, luminarias de descarga de alta densidad de descarga HID en cajas de cartón o contenedores adecuados, de tal forma que estén cubiertas y protegidas completamente. Deben estar rotuladas como “Residuos de luminarias”, incluir descripción del tipo de tecnología, la cantidad de unidades por caja y el peso.

Para su recolección se han dispuesto cuatro (4) puntos a nivel nacional: dos puntos a las afueras de Bogotá, uno en Medellín, uno en Barranquilla y uno en Cali. El programa no tiene costo para las empresas y personas naturales que quieran hacer disposición de las luminarias, pero el costo de traslado a los puntos de recolección y acopio es responsabilidad de quien los dispone.

Las luminarias recolectadas son entregadas a los gestores Ecoindustria y ASEI, quienes a través de la metodología de atmosfera controlada, logran atrapar en filtro amalgamado el mercurio contenido en las mismas, todos residuos resultantes son trasladados a relleno de seguridad con la empresa TECNIAMSA.

En la siguiente grafica se reflejan los pasos a seguir para la disposición de bombillas del sector industrial.

Figura 3. Pasos para la recolección de bombillas y luminarias del sector industrial.



Fuente: Programa LÚMINA – ANDI

3.2.2. Programa MIL, Manejo Integral y Disposición Final de Lámparas Lineales MIL

El programas pos-consumos de luminarias marca Sylvania, los cuales tienen por objetivo garantizar que las lámparas fluorescentes al final de su vida útil sean tratadas y dispuestas adecuadamente. El programa está dirigido a los sectores residencial, industrial e institucional; Este programa no fue registrado ante la ANLA, ni Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. La divulgación ha sido realizada a través de la página web de la ANDI y en las páginas web de los principales importadores y comercializadores, mediante al cual referencian el programa y los mecanismos de recolección.

Figura 4. Mecanismo para la recolección y empaque de lámparas programa MIL

PROTECCIÓN MEDIOAMBIENTAL

El objetivo del Programa Mil "Manejo Integral y Disposición Final de Lámparas" de Havells Sylvania Colombia es garantizar que las lámparas fluorescentes al final de su vida útil sean tratadas y dispuestas adecuadamente.

El Programa Mil va dirigido a tres tipos de consumidores: residencial, industrial e institucional; sabemos que hoy en día las empresas buscan realizar procesos de disposición en mercados dentro de los sistemas de gestión ISO 9001 y 14001, es por eso que el programa entrega un acta de disposición en el cual se certifica las unidades de los tubos fluorescentes tratados almacenados y dispuestos adecuadamente.

¿CÓMO PARTICIPAR?

- Empacar las lámparas en caja de cartón y rotular como "Lámparas de Residuo"
 
- En caso de rotura, recoger los residuos en bolsa Plástica gruesa, sellarla y luego empacar en cartón. Si la rotura se da después de empacado, no abrir el empaque.
 
- Una vez empacados los tubos adecuadamente, se debe enviar un correo electrónico a: programamil.co@havells-sylvania.com relacionando la cantidad de tubos que van a ser entregados al programa en el formato anexo, posteriormente recibirán la fecha en la cual se puede realizar el envío.
 
- Enviar las cajas rotuladas como se indica a:
 - Medellín
 - ASEI
 - Programa Mil "Manejo Integral y disposición final de Lámparas"
 - Carrera 50 N°79 Sur 101
 - Interior 38 del Municipio la Estrella
 - Remite: "Razón Social del remitente"

■ Bogotá

Havells Sylvania Colombia S.A

Gestión Ambiental

Programa Mil: " Mantenimiento Integral y disposición final de lámparas"

Calle 57B sur N° 72A -23 Bogotá

Remite: "Razón Social del remitente"



5. El remitente debe anexar un documento remisorio en formato carta propio de cada sistema de Gestión que contenga los siguientes campos:

- Nombre o razón social del remitente
- Ciudad de origen, dirección, teléfono, y dirección de correo electrónico.
- Descripción de items y cantidades remitidas.
- Especificar la cantidad de lámparas SYLVANIA
- Nombre de la persona responsable del envío, teléfono y correo electrónico.



- Con el primer envío queda automáticamente registrado en la base de datos del Programa Mil de Havells Sylvania Colombia S.A.
- Una vez realizada la disposición se emitirá un certificado electrónico de manejo de residuos peligrosos y/o especiales.
 - El programa mil sólo está destinado a tubos fluorescentes marca Sylvania.
 - El costo y responsabilidad del transporte queda a cargo de remitente.
 - Recepción de mercancía de Lunes a Viernes de 8:00 a.m a 4:00 p.m



Fuente: Página web Havells Sylvania Colombia S.A

Programa MIL, ha sido divulgado a los grandes compradores y por la página de internet.

3.3. Resultado del Programa LUMINA

Teniendo en cuenta que, de los dos programas aplicables a la ciudad de Bogotá, LÚMINA y MIL, uno cuenta con recolección residencial en almacenes de grandes superficies y puntos de acopio para sector industrial y el otro solo recolección en punto de fabrica, nos concentraremos en el programa LÚMINA con el fin de verificar el desarrollo del programa respecto a recolección, almacenamiento, ubicación y divulgación, para lo cual se realizaron actividades de verificación en sitio de la siguiente manera:

Visita a Almacenes de cadena, grandes superficies, encontrando lo siguiente:

- Homecenter Calle 26
- Homecenter Calle 80
- Homecenter Venecia
- Carrefour Venecia
- Éxito Avenida Américas (No cuenta con punto de recolección)
- Éxito Calle 80 (No cuenta con punto de recolección)

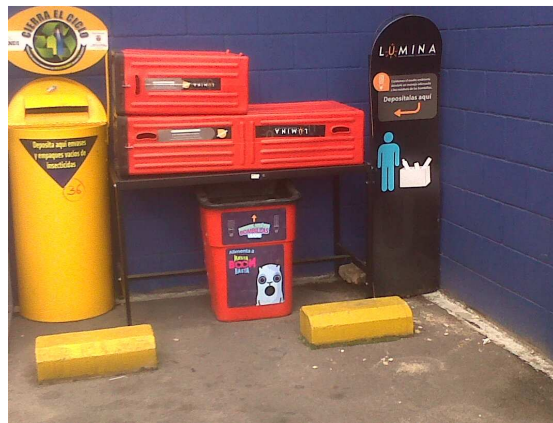
Figura 5. Punto de recolección Homecenter Av. el Dorado





FUENTE: Los Autores

Figura 6. Punto de recolección Carrefour Venecia



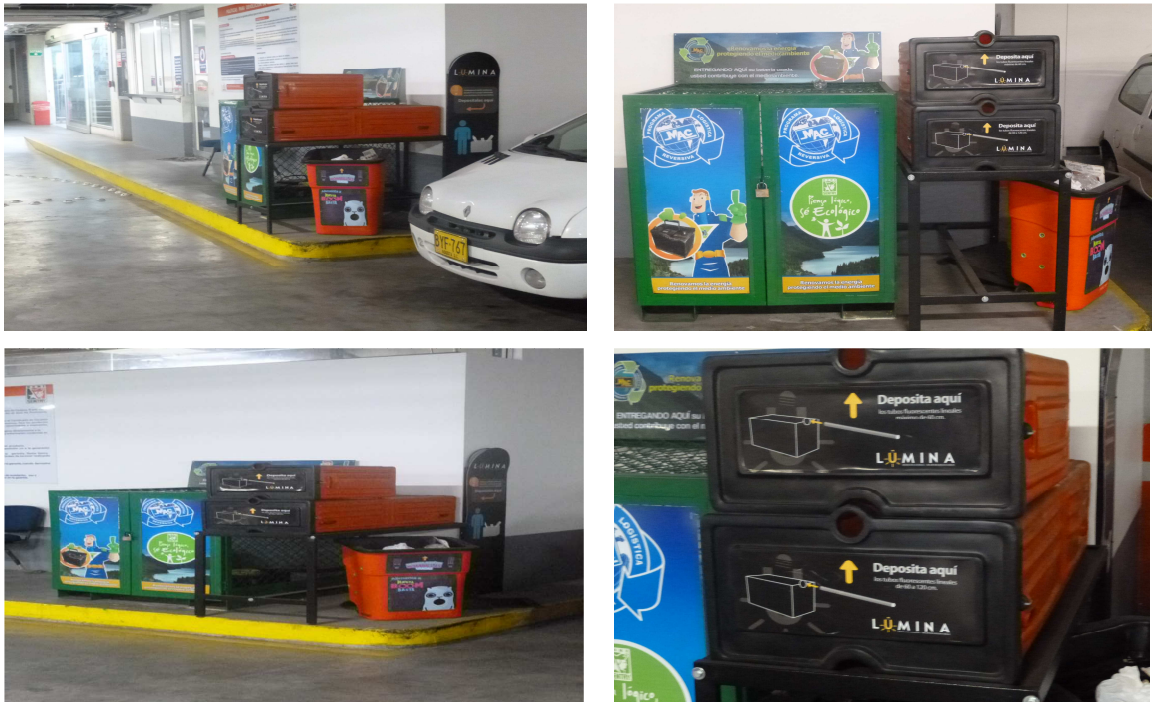
FUENTE: Los Autores

Figura 7. Punto de recolección Homecenter Venecia



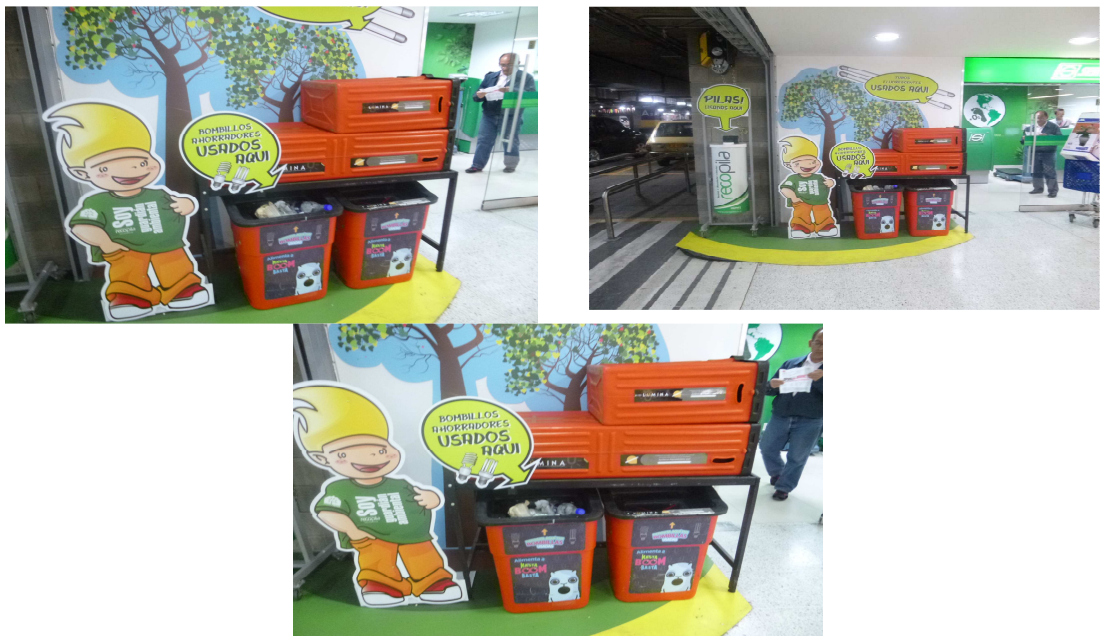
FUENTE: Los Autores

Figura 8 Punto de recolección Home Sentry Avenida Carrera 68



Fuente: Los Autores

Figura 9 Punto de recolección Home Center Calle 80



FUENTE: Los Autores

- Almacenamiento: En todos los puntos se encontraron tres contenedores plásticos, cada uno de diferente tamaño de acuerdo al tipo de luminaria y con etiquetas en color negro identificando el tipo de luminarias a recolectar.
- Recolección: Los puntos son fijos y las personas deben acercarse a depositar las luminarias en los contenedores, que posteriormente serán llevados por el programa para su respectiva disposición.
- Ubicación: Como se puede observar en las fotografías, la mayoría de los puntos se encuentran en sitios de poca circulación de compradores, como sótanos, parqueaderos y puntos ecológicos de reciclaje. Los contenedores que se encuentran en puntos visibles no tiene publicidad (ver grafico 7) y se han convertido en puntos de basura para el público.
- Divulgación: En los puntos visitados, solo se encuentra como herramienta publicitaria un hablador al lado del contenedor con la información para la recolección. Los asesores de las grandes superficies conocen parcialmente el nombre del programa y algunos de ellos orientan hacia el punto de recolección. No se evidencia ningún otro mecanismo de divulgación en estos sitios.

3.1.4. Cobertura de los programas.

A diciembre del año 2012, el programa LÚMINA contaba con 74 empresas entre fabricantes, importadores y comercializadores, quienes ya representaban a esta fecha el 95% del mercado de la iluminación y dentro de las cuales se podrían mencionar:

TRONEX S.A

VOLTIMUN

IMPORTACIONES ENERGIA & CIA LTDA

PHIPLIPS Colombiana S.A.S

Según la entrevista realizada al el Ingeniero Wilson Contreras, Coordinador del programa LÚMINA de la ANDI, entre mayo y diciembre de 2012, se logro aumentar la cobertura en cantidad de empresas de 85% a 95%, logrando que programas independientes como MIL y Nacional de Pilas de Occidente se vincularan al programa LÚMINA. Respecto a la cobertura en cantidad de luminarias, para el cierre de la vigencia 2012, los programas debían haber cumplido con la recolección y disposición de por lo menos el 5% del consumo de los últimos 6 años. Al respecto de los datos de importación y producción nacional se estimó una cifra aproximada de 4.840 toneladas de luminarias puestas en el mercado nacional de la iluminación (de acuerdo a cifras obtenidas por la DIAN y el DANE para los últimos 6 años), para lo cual como primera meta se debería recolectar 240 toneladas correspondientes al 5% estimado como meta a nivel país.

En la entrevista realizada con el Ingeniero Conteras, manifestó que los resultados de recolección que se obtuvieron para el año 2012 a nivel país, fueron 242 toneladas de luminarias y para Bogotá se obtuvo resultados de 141 Toneladas, resultantes del sector residencial e industrial, cifras que serán dadas a conocer como resultado de la gestión al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de manera oficial el 31 de marzo del año en curso. Para lograr estos resultados los comerciantes, productores e importadores vinculados al programa LUMINA dispusieron de 1200 millones de pesos en el año 2012.

Debido a que la meta es nacional, no es factible determinar si la cobertura es o no la necesaria para la ciudad de Bogotá, ni si se ha logrado dar la cobertura necesaria al sector residencial que ha marcado una clara tendencia a incrementar su consumo en luminarias derivado del cambio de bombillos incandescentes.

Respecto a la eficacia en la disposición de los residuos peligrosos derivados de las luminarias se podría analizar lo siguiente:

Cada luminaria podría contener mercurio entre 2 y 10 mg, si se toma la cifra máxima y la multiplicamos por la cantidad de luminarias recolectadas en Bogotá se tendría como resultado:

1 luminaria en promedio pesa 300 gr —————> 0,006 gr. Hg por luminaria
 141000000 gr luminaria —————> X

$$X = \frac{141000000 \text{ gr de luminarias (Bogotá)} \times 0,006 \text{ gr}}{300 \text{ gr Hg x luminaria}}$$

$$X = 2820 \text{ gr /Hg}$$

Son 2,820 kg de Hg que corresponden al 5% de luminarias recolectadas en Bogotá y con disposición final en el año 2012.

El 95% restante corresponde a 56 Kg de Hg que no son recuperados.

1 luminaria en promedio pesa 300 gr, —————> 0.006 gr. Hg por luminaria
 242.000.000 gr luminaria —————> X

$$X = \frac{242000000 \text{ gr de luminarias (país)} \times 0,006 \text{ gr}}{300 \text{ gr Hg x luminaria}}$$

$$X = 4840 \text{ gr Hg}$$

$$X = 4,840 \text{ Kg Hg}$$

Son 4,8 kg de Hg que corresponden al 5% de luminarias recolectadas a nivel país y con disposición final en el año 2012.

El 95% restante corresponde a 91,2 Kg de Hg que no son recuperados.

3.5. PROPUESTAS PARA MEJORAR EL PROGRAMA

Teniendo en cuenta los anteriores resultados, se presentan las siguientes propuestas de manera que contribuyan a mejorar la recolección y disposición de bombillos y lámparas de vapor de mercurio:

En puntos de recolección:

- Gestionar con los almacenes de cadena, la ubicación estratégica de los puntos LÚMINA, en lugares visibles a las personas que transitan, fortaleciendo la información del hablador fijo de manera que facilite a las personas llegar y hacer disposición de los bombillos y lámparas de vapor de mercurio.
- Colocar habladores rígidos en la sección de bombillos de los almacenes de las grandes superficies, de manera que permita los clientes conocer el programa y poder ubicar los puntos de recolección.

Alianzas estratégicas:

- Establecer alianzas con FENALCO, Cámaras de Comercio y otras agremiaciones, que permita dar a conocer a los comerciantes el programa, llegar a los pequeños distribuidores de manera que ellos tengan claro los mecanismos de disposición y brinden información a los compradores.
- Generar estrategias con las Alcaldías Locales, que permita generar campañas educativas con las JAL y en los barrios de la localidad, de manera que permitan mejora las metas de recolección.
- Evaluar la posibilidad de Generar alianza con CODENSA, para enviar información respecto a la disposición de las bombillas y lámparas de vapor

de mercurio, a través de los recibos de servicio público, en su página de internet, Facebook.

Con fabricantes, comercializadores y Ministerio de Minas y Energía:

- Evaluar la posibilidad de identificar en el etiquetado de las bombillas y lámparas que después de finalizado su vida útil debe ser tratado como residuo peligroso y se debe disponer en puntos de recolección autorizado.

Con Autoridades:

- Revisar la metas y tiempos de los programas establecidos en el Plan de para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos para Bogotá, por la Secretaria de Ambiente de Bogotá de manera que se alineen con las metas definidas en la Resolución 1511 de 5 de agosto de 2010 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

4. CONCLUSIONES

- Los bombillos y luminarias de vapor de mercurio constituyen una tecnología eficiente para el ahorro de energía y aún no se ha logrado encontrar un sustituto competitivo.
- Desde la perspectiva del ciclo de vida del producto es preferible utilizar una lámpara de eficiencia energética que contenga mercurio que utilizar una lámpara fluorescente común menos eficiente, que no contenga mercurio, en vista de las prácticas actuales de producción de electricidad.
- El mercurio es un metal bioacumulable, persistente y biomagnificable que ocasiona daños al medio ambiente y al ser humano con un TLV de 0,005 mg/m³ que lo ubica como uno de los materiales más tóxicos de la naturaleza; cantidades pequeñas de este material generan impactos significativos al medio ambiente.
- En Colombia se ha definido reglamentación para la gestión de los residuos procedente de las bombillas las cuales están incluidas en las disposiciones del Decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en donde se generan disposiciones para prevenir el manejo de residuos o desechos peligrosos y en la Resolución 1511 del 5 agosto de 2010 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial sobre la gestión de residuos de bombillos.
- Aunque la reglamentación es relativamente reciente, ya se siente presiones positivas por parte de las entidades de control para asegurar su cumplimiento; esto ha llevado a que se creen programas liderados por

empresas o gremios industriales que se unen para hacer más fácil la gestión de estos residuos.

- En Colombia el programa LÚMINA es el abanderado a nivel nacional y de Bogotá para la gestión de los residuos de bombillos y luminarias de mercurio lo cual provoca que cualquiera de sus actuaciones cobre alta importancia frente a los resultados obtenidos.
- El Programa LÚMINA, a pesar de su juventud, ha logrado avances interesantes desde su implementación en marzo de 2012 con un nivel de recolección en todo el país de 242 toneladas, lo cual corresponde al 5% del total de las luminarias importadas y fabricadas en los últimos seis (6) años, que de no existir a reglamentación, se habría depositado en los rellenos de residuos ordinarios.
- El 79% de los generadores de residuos industriales de Bogotá, no ha identificado las características de peligrosidad de los residuos que genera, dentro de las cuales se encuentran las luminarias por su falta de información en las etiquetas del producto, lo cual puede causar entre otras, incompatibilidad en el almacenamiento de RESPEL, de acuerdo a las características de peligrosidad y propiedades de los mismos.
- Existe gran cantidad de pequeños generadores (hogares) distribuidos por toda la ciudad que desconocen las características de peligrosidad de los RESPEL generados y a los cuales no les llega con facilidad la información para la recolección y disposición de residuos, que conlleva a una disposición inadecuada de residuos peligrosos (mercurio), que finalmente terminaran en rellenos sanitarios
- A diciembre de 2012 se lograron recuperar 2,82 kg de mercurio

correspondientes a 5% de la disposición de residuos en Bogotá generados de luminarias, quedando sin disponer 56 kg de mercurio correspondiente al 95% de luminarias importadas y producidas en el país en los últimos años, que son dispuestos como residuos ordinarios en los rellenos sanitarios.

- Frente a los resultados del programa LÚMINA están adheridas 74 empresas que patrocinan el programa y han generado resultados satisfactorios hasta el momento con una proyección para el cumplimiento de metas de los próximos años.
- Existen oportunidades para el programa LÚMINA para todos los protagonistas de este escenario desde la divulgación de los puntos de recolección, definición de un mayor número de medios de información, facilidades para los ciudadanos, el fomento de alianzas estratégicas de agremiaciones que incluye productores a nivel empresarial, ciudadanos, comunidades y entidades de control.
- Aun teniendo un marco legal importante en Colombia, para dar cumplimiento a la eficiencia energética como respuesta a una necesidad mundial, no se cuenta con recursos suficientes para garantizar el seguimiento al cumplimiento de disposiciones que mitiguen el impacto de la disposición de residuos de mercurio derivadas de bombillos y luminarias de vapor de mercurio.
- A pesar de observar unas aparentes pequeñas cifras de mercurio contenido en bombillos y luminarias de vapor de mercurio a disponerse por cambio de bombillas, esto evidencia que en la medida que aumente el consumo de las mismas, se tendrán mayores volúmenes de mercurio que impactaran toxicológicamente al medio ambiente y al hombre.

5. RECOMENDACIONES

- Fortalecer la planeación del cumplimiento de la reglamentación por parte de las empresas usuarias, productores y agremiaciones de tal manera que se unan esfuerzos que integren todas las actividades necesarias para lograr los objetivos antes del lanzamiento de programas; lo anterior a fin de contemplar todos los aspectos para asegurar su éxito como recursos, responsables, fechas, mecanismos de seguimiento y condiciones de infraestructura.
- Realizar seguimiento continuo a los programas auditando los anteriores planes de acción y evaluando si se está cumpliendo los objetivos establecidos a fin de tomar acciones oportunas que redunden en el cumplimiento de metas establecidas.
- Fortalecer los mecanismos de comunicación a empresas y usuarios residenciales de los bombillos y luminarias de vapor de mercurio a fin de incrementar la recopilación de residuos y evitar que éstos se dispongan en rellenos de residuos ordinarios.
- Existe una tendencia de evaluar el impacto ambiental de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, RAEE, del cual hacen parte los bombillos y luminarias de mercurio, conforme a su volumen y no tanto frente al efecto nocivo hacia el medio ambiente; es importante evitar esta situación ya que podría ocasionar distorsión en los resultados de esta evaluación restando impacto en las decisiones tomadas frente a la disposición de estos residuos.
- Fortalecer la cultura ambiental a través de cátedras, capacitaciones y

sensibilizaciones desde los colegios, universidades, empresas e instituciones para garantizar el uso correcto de los residuos evitando la generación de impactos hacia el medio ambiente.

- Es necesario fortalecer el compromiso de fabricantes y distribuidores para dar cumplimiento a las disposiciones de programas posconsumo, así como fortalecer la información a compradores y usuarios de bombillos y luminarias de vapor de mercurio respecto a efectos toxicológicos y disposición de estas bombillas como residuo peligroso.
- Se hace necesario pensar en cambiar este tipo de bombillas por bombillas realmente ecológicas establecer e implementar planes de control ambiental eficaces en corto tiempo que minimicen el impacto en el medio ambiente.

BIBLIOGRAFIA

MERCURY RISK FROM FLUORESCENT LAMPS IN CHINA. Current status and future perspective. Environment International. EI-02323. Enero de 2012. 10 p.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 1511 de 2010 por la cual se establecen los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de residuos de bombillas y se adoptan otras disposiciones. Bogotá 5 de agosto de 2010. 11 p.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 4741 de 2005 por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral. Bogotá 30 de diciembre de 2005. 27 p.

PLAN PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS PELIGROSOS PARA EL DISTRITO CAPITAL, adoptado mediante Resolución 1754 de 25 de marzo de 2011 de la Secretaria Distrital de Ambiente. 97 p.

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE. Evaluación mundial del mercurio, PNUMA Productos Químicos, Ginebra, Suiza, Diciembre de 2002. 303 p.

SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE DIRECCIÓN DE PLANEACIÓN Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN AMBIENTAL. Estudio para la identificación de alternativas, proyectos y estrategias orientadas a la gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en Bogotá, Bogotá D. C. Universidad de Cundinamarca, Contrato interadministrativo 1293 de 2009, Secretaría Distrital de Ambiente, Universidad de Cundinamarca. 241 p.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, Caracterización de las bombillas para uso interior comercializadas en Colombia. Bogotá- Colombia; Abril 28 de 2008.

Sitios WEB:

- www.foromantenimientoindustrial.blogspot.com
- www.produccionmaslimpia.org
- www.andi.com.co
- www.crpml.org
- www.unperiodico.unal.edu.co/dper/article/pilas-y-bombillos-basura-electronica-que-inunda-el-pais.html