



7^{mo}
Congreso de
Medio Ambiente

Actas 7mo Congreso de Medio Ambiente AUGM
22 al 24 de mayo de 2012. UNLP. La Plata Argentina

**LINEAMIENTOS PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LÁMPARAS
CON CONTENIDO DE MERCURIO COMO RESIDUO
PELIGROSO EN LA REPÚBLICA ARGENTINA**

**Guidelines for the integrated management of mercury-containing lamps as
hazardous waste in the Republic of Argentina**

N. Carolina Martínez^{a*}, Marina Ayrala Quiroga^b, Natalí Zurbriggen^c

Universidad Blas Pascal- Córdoba- Argentina (2010)

^aLicenciada en Gestión Ambiental nacamartinez@hotmail.com

^bLicenciada en Gestión Ambiental marayralaquiroga@hotmail.com

^cLicenciada en Gestión Ambiental natalizurbriggen@hotmail.com

* Autor para correspondencia: 0351- 4606273/ 0351- 156592584 nacamartinez@hotmail.com

Título breve: gestión integral de lámparas con mercurio

ABSTRACT

The aim of this study was to establish a framework for integrated management of mercury-containing lamps as hazardous waste in Argentina. The initiative starts by implementing the widespread use of compact fluorescent lamps, an action taken by the national government through the enactment of Law No. 26.473, which banned, the import and marketing of residential of use incandescent lamps across the country since December 31, 2010 to reduce domestic electricity consumption. The technical, technological, political and economic capacities of the country have not been considered in the decision-making process. The current capacities, do not help to

adequately manage the amount of generated waste. Comprehensive waste management becomes complex due to mercury content, a hazardous component and its dispersed generation and characteristics of fragility. Adequate technical and technological measures of recollection, handling, storage and treatment are needed. Today, a percentage of lamps from industrial and service areas are treated whereas lamps for domestic use are disposed into Urban Solid Waste landfills. There are different options of treatment, and each option has different environmental considerations producing different economic costs. The use and recovery is the most efficient alternative as regards the environmental and social spheres. However, taking into account the context of the country, this alternative will be viable in the long term. Meanwhile, it will be a priority for, at least, starting to consider a differentiated waste collection and disposal based on the potential impacts that may arise in the environment and public health sphere. The guidelines establish courses of action for environmental policy and integrated management of mercury-containing lamps as hazardous waste, considering all the actors involved.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue establecer lineamientos para la gestión integral de lámparas con contenido de mercurio como residuo peligroso en la República Argentina. La iniciativa parte de la implementación de uso masivo de Lámparas Fluorescentes Compactas, acción impulsada por el Estado nacional con la sanción de la Ley N° 26.473 que, con el fin de reducir el consumo eléctrico doméstico, prohibió a partir del 31 de Diciembre de 2010 la importación y comercialización de lámparas incandescentes de uso residencial en todo el territorio nacional. En la toma de decisiones no se han contemplado las capacidades técnicas, tecnológicas, políticas y económicas del país, que no permiten gestionar adecuadamente el volumen del residuo que se generará. La gestión integral del residuo se torna compleja debido al contenido de mercurio, componente de peligrosidad, su generación dispersa y sus características de fragilidad. Se requiere de medidas técnicas y tecnologías adecuadas de recolección, manipulación, almacenamiento y tratamiento. En la actualidad se somete a tratamiento un porcentaje de lámparas de origen industrial y de servicios, mientras que la de origen domiciliario tienen como destino vertederos de Residuos Solidos Urbanos. Existen diferentes alternativas de tratamiento y cada opción tiene distintas consideraciones ambientales y conlleva costos económicos diferentes. El aprovechamiento y valorización es la

alternativa más eficiente desde el punto de vista ambiental y social. Sin embargo, teniendo en cuenta el contexto del país, es una alternativa que será viable a largo plazo. Mientras tanto será prioritario que al menos se plantee una recolección diferenciada de los residuos y disposición final teniendo en los potenciales impactos que puedan generar en el medio ambiente y en la salud pública. Los lineamientos establecen líneas de acción para una política ambiental y gestión integral de lámparas con contenido de mercurio como residuo peligroso, considerando a todos los actores involucrados.

INTRODUCCIÓN

La crisis energética es una situación pluricausal a nivel mundial, donde el aumento de precios y la disminución de las principales fuentes de abastecimiento de energía derivan en problemas ambientales, económicos, políticos y sociales.

El entramado de relaciones que configuran la crisis energética encuentra sus ejes en: el creciente aumento de la población, el alto consumo de energía per cápita, la ineficiencia energética, la falta de fuentes masivas de energía renovable y la disminución de los recursos energéticos.

El calentamiento global es el impacto más significativo de la transformación de los combustibles fósiles, recursos energéticos mas utilizados. Según el IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático) el calentamiento del sistema climático es innegable, y se evidencia en el aumento de los resultados observados en los promedios mundiales de: la temperatura del aire, del océano, el deshielo generalizado y del nivel del mar. La causa más directa de éste fenómeno es la variación de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) y aerosoles en la atmósfera.

El debate internacional sobre las medidas para contrarrestar el cambio climático y la crisis energética están sectorizadas en modelos económicos, donde las políticas externas e internas compiten para establecer desde aumentos en la producción de energía hasta cambios en las formas de desarrollo de la sociedad, hacía las energías alternativas.

El estado argentino ante la necesidad de brindar seguridad energética, lograr objetivos de la Agenda 21, y responder ante las presiones de sectores ambientales a nivel nacional, está promoviendo políticas de eficiencia energética. La disminución del consumo de energía eléctrica configura uno de los ejes sobre los que distintas organizaciones están proponiendo acciones. En este sentido la organización no gubernamental Greenpeace presentó en el marco de la campaña “Revolución Energética”, la necesidad de reemplazar los focos incandescentes por lámparas fluorescentes compactas (LFCs). El recambio de lámparas se planteó como una forma de reducción del consumo eléctrico doméstico y responder así a la presente crisis de suministro de energía. La organización elevó al Honorable Senado de la Nación un proyecto de ley para la prohibición de la comercialización de lámparas incandescentes (Greenpeace, 2008)

Frente a esta propuesta, en diciembre de 2008, el Senado y la Cámara de Diputados de la Nación Argentina sancionaron la Ley N° 26473, que prohibió, a partir del 31 de diciembre de 2010, la importación y comercialización de lámparas incandescentes de uso residencial general en todo el territorio de la República Argentina.

Más allá de los potenciales beneficios que plantean las lámparas fluorescentes compactas, ratificados por varios especialistas ambientales, es necesario considerar el contenido de mercurio de estas lámparas, característica que permite catalogarlas como

residuo peligroso según lo que establece la Ley Nacional N° 24051 (Alfayate, 2002). Al igual que otras lámparas que contienen mercurio, el residuo que se produce una vez finalizada su vida útil constituye un riesgo para el medioambiente y la salud de las personas. (PNUMA, 2002)

El mercurio es un metal pesado y su presencia en el ser humano resulta tóxica a partir de variables que dependen fundamentalmente, de su forma de química y de su particular toxicocinética. El mercurio es un importante contaminante marino, muy tóxico para los organismos acuáticos, debido a su bioacumulación y biomagnificación (Falnogaet *al.*, 2002). El riesgo de exposición solo puede ser minimizado mediante el control estricto del movimiento del elemento en el ambiente, evitando su derivación hacia fuentes de agua en donde se transforma en su forma más tóxica (Damin, 2007).

La problemática ambiental de la implementación de uso masivo de lámparas con contenido de mercurio, radica en la potencial acumulación de residuos peligrosos producidos, y la fragilidad de estos ante la manipulación. Es necesario ante este escenario, crear una estructura para la gestión de estos residuos, debido a su alto grado de contaminación ambiental, sus características de toxicidad y biocumulación; como así también campañas de concientización y capacitación de los ciudadanos, para formarlos en el compromiso ambiental.

Fue finalidad de este trabajo establecer las bases para la gestión integral de lámparas con contenido de mercurio como residuo peligroso en la República Argentina.

METODOLOGÍA

1. Estudio exploratorio de carácter bibliográfico sobre lámparas con contenido de mercurio y los impactos ambientales derivados de su uso.

Se estudiaron las características generales de los diferentes tipos de lámparas con contenido de mercurio, con énfasis en los componentes y principios de funcionamiento de las lámparas fluorescentes compactas. Se identificaron los impactos ambientales asociados al uso de las lámparas.

2. Estudio exploratorio de carácter bibliográfico sobre las propiedades específicas del mercurio.

Se estudiaron las características del mercurio como elemento peligroso para el medio ambiente y la salud del hombre.

3. Estudio exploratorio de carácter bibliográfico sobre las alternativas de gestión de las lámparas con contenido de mercurio como residuo.

Se estudiaron las alternativas actuales de gestión de lámparas con contenido de mercurio como residuo. Entre ellas el reciclado y valorización, disposición como residuo peligroso en rellenos de seguridad y disposición como residuo sólido urbano en rellenos sanitarios

4. Estudio descriptivo del marco internacional sobre la implementación de uso de lámparas con contenido de mercurio y la regulación de los residuos peligrosos derivados.

Se estudió el marco de la gestión integral del residuo de lámparas en el contexto internacional, tomando como referencia Estados Unidos, España y Brasil.

- Unidad de análisis: Marco internacional.
- Variables:
 - i. Implementación de uso de lámparas con contenido de mercurio.
 - ii. Normativa regulatoria para lámparas con contenido de mercurio.
 - iii. Gestión de lámparas como residuos peligrosos.
- Técnica: Observación y análisis simple.

5. Estudio descriptivo del marco de implementación de uso de lámparas con contenido de mercurio y la regulación de residuos peligrosos derivados en la República Argentina.

Se estudió el marco para la gestión integral del residuo de lámparas con contenido de mercurio analizando la situación de la República Argentina.

- Unidad de análisis: República Argentina
- Variables:
 - i. Crisis energética Argentina
 - ii. Implementación de uso de la tecnología LFC
 - iii. Comercialización y consumo
 - iv. Marco legal para la gestión de residuos peligrosos
 - v. Gestión de lámparas con contenido de mercurio como residuo
 - vi. Jerarquía en la gestión integral del residuo
- Técnica: Observación y análisis simple.

6. Lineamientos para la gestión integral de lámparas con contenido de mercurio en la República Argentina.

Se determinaron los lineamientos para el establecimiento de una política integral para residuos peligrosos analizando los instrumentos y las bases pertinentes.

Se establecieron los lineamientos para la gestión integral de lámparas con contenido de mercurio como residuo peligroso. Se definieron las líneas de acción para los siguientes aspectos:

- 1) Bases para la Gestión Integral de Lámparas con Contenido de Mercurio como Residuo Peligroso
- 2) Marco legal e Institucional
- 3) Generación de Residuos
- 4) Localización de Zonas Aptas
- 5) Puntos Limpios, Recolección, Acopio, y Transporte
- 6) Plantas de Tratamiento y Disposición Final

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Lámparas con contenido de mercurio

Los tipos de lámparas más utilizados en la generación de luz son las incandescentes y las de descarga. Cada una de estas tiene distintos principios de funcionamiento y componentes. El funcionamiento de las lámparas de descarga se basa en el proceso de descarga eléctrica para producir luz. El proceso es una técnica moderna y eficaz para

producir luz (García Fernández, 2000), consiste en la excitación de los átomos de un gas por el paso de una corriente eléctrica para emitir radiaciones en un espectro característico según los elementos que estén presentes. Normalmente se utilizan metales, como sodio y mercurio, ya que sus características producen radiaciones útiles en el espectro visible (Forster, 1998).

Según el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (2008), las lámparas de descarga pueden ser clasificadas de acuerdo al gas utilizado (vapor de mercurio o sodio) y la presión a la que se encuentra (alta o baja presión). La clasificación se muestra en la Figura 1 y cada una tiene propiedades características que las hacen adecuadas para diversos usos.

Lámparas de descarga			
Vapor de mercurio		Vapor de sodio	
Baja presión	Alta presión		
-Fluorescentes tubulares (FT) -Fluorescentes compactas (LFC)	-Alta presión (MAP) -Mezcladoras -MAP Con halogenuros metálicos	Baja presión (SBP)	Alta presión (SAP)

Fuente: Instituto Nacional de Tecnología Industrial (2008)

Figura 1. Clasificación de lámparas de descarga.

Figure 1. Classification of discharge lamps.

El contenido de mercurio varía según el tipo de lámpara y el fabricante (Aucott *et al.*, 2003). En la Tabla 1 se muestran valores aproximados de mercurio según el tipo de lámpara.

Tabla 1. Contenido de mercurio según tipo de lámpara.**Table 1.**Mercury content by type of lamp.

Tipo de Lámpara	Contenido de Mercurio
Incandescente	No contiene
Incandescente halógena	No contiene
Fluorescente tubular	15
Fluorescente Compacta	5
Mercurio Alta Presión	30
MAP con halogenuros metálicos	30
Sodio Alta Presión	25
Sodio Baja Presión	No contiene

Fuente: EuropeanLampCompanieFederation (2010)

Impactos Ambientales

Los sistemas de alumbrado presentan diferentes incidencias en el medio ambiente. El Análisis o Evaluación del Ciclo de Vida es una herramienta útil para llevar a cabo esta cuantificación que permite abordar la trayectoria de un producto considerando el impacto ambiental en cada una de las etapas: extracción de materias primas, producción, comercialización y consumo (Iribarne et al., 2006). En un análisis comparativo de iluminación incandescente y fluorescente compacta, los impactos más significativos en la etapa de consumo son: la contaminación atmosférica por generación de energía a partir de combustibles fósiles que emplea para generar luz y la generación de residuos derivados. (Assaf, 2002)

El uso de lámparas de descarga disminuye la cantidad de energía utilizada y esto se traduce en impactos ambientales positivos directos en la etapa de uso del producto, como la disminución de gases de efecto invernadero liberados. Desde un punto de vista técnico las LFC presentan varias ventajas. El principal aspecto positivo producido por el

uso de lámparas fluorescentes compactas está asociado a su mayor nivel de eficiencia en la transformación de energía eléctrica a luz visible; esto en detrimento de la disipación calorífica característica de las lámparas incandescentes. Según García Álvarez (2007) e Iribarne *et al.* (2006), las LFC consumen 4 a 5 veces menos de electricidad para alcanzar el mismo nivel de iluminación que sus equivalentes incandescentes.

La generación de residuos de los sistemas de iluminación, ya sea incandescente o de descarga, es inevitable. La diferencia radica en que los residuos que se generan por el uso de lámparas de descarga son residuos peligrosos debido a su contenido de mercurio. La tendencia a un consumo cada vez mayor de estas lámparas, tanto a nivel industrial y de servicios, como domiciliario; está asociado a la generación de mayores volúmenes de residuos peligrosos a gestionar.

La gestión de estos residuos peligrosos se torna compleja, por un lado, debido a las características limitantes de las lámparas (fragilidad, relación peso/volumen y forma) que hacen que cualquier operación de manipuleo sea un proceso delicado. A esto se suma la complejidad que presenta la recolección diferenciada por la existencia de distintos tipos de fuentes de generación del residuo. A modo general, se pueden identificar dos tipos de generadores: los grandes consumidores, como el sector industrial y de servicios que se caracterizan por ser fuentes puntuales y generar grandes volúmenes. Y los pequeños consumidores que generan el residuo a nivel domiciliario, caracterizándose por ser fuentes difusas y generar volúmenes pequeños.

Mercurio

El mercurio es un metal pesado y existe de forma natural en el medio ambiente, pero los niveles han aumentado considerablemente desde el inicio de la industrialización (UNEP, 2002). Este elemento se encuentra actualmente en diversos medios y alimentos afectando a los seres humanos y a la vida silvestre. La actividad humana ha propagado los casos de exposición, a través de prácticas de eliminación en vertederos, desechos de la minería, emplazamientos, suelos y sedimentos contaminados industrialmente.

Los tipos de contaminación por mercurio pueden ser emisiones a la atmósfera, descargas al suelo y agua. Por su capacidad de permanencia, una vez liberado, el mercurio circula en el medio ambiente, afectando a la biota por su movilización en agua, aire y tierra.

La toxicidad en seres humanos y otros organismos varía según la forma química, la cantidad, la vía de exposición y la vulnerabilidad del organismo expuesto.

El mercurio metálico o elemental es el metal líquido en su estado puro, siendo poco común encontrarlo en esta forma. La mayoría de las veces se encuentra formando compuestos y sales inorgánicas. Las formas de mercurio natural más comunes son el mercurio metálico, sulfuro de mercurio, cloruro de mercurio y metilmercurio. Microorganismos y procesos naturales específicos pueden transformar el mercurio en el medio ambiente de una forma a otra. El metilmercurio es el compuesto orgánico más común que pueden generar distintos microorganismos y procesos naturales a partir de otras formas. Este compuesto puede bioacumularse en varias especies de peces y

mamíferos comestibles de agua dulce y salada, ser encontrado en concentraciones mucho mayores que la concentración de mercurio de las aguas donde estos habitan (Nriagu, 1979).

En la actualidad no se conocen fuentes antropogénicas directas de metilmercurio, aunque se conocen casos de fuentes indirectas que elevaron los niveles de este compuesto en el medio ambiente (Lindberg *et al.*, 2001).

Trayectoria del mercurio en el medio ambiente

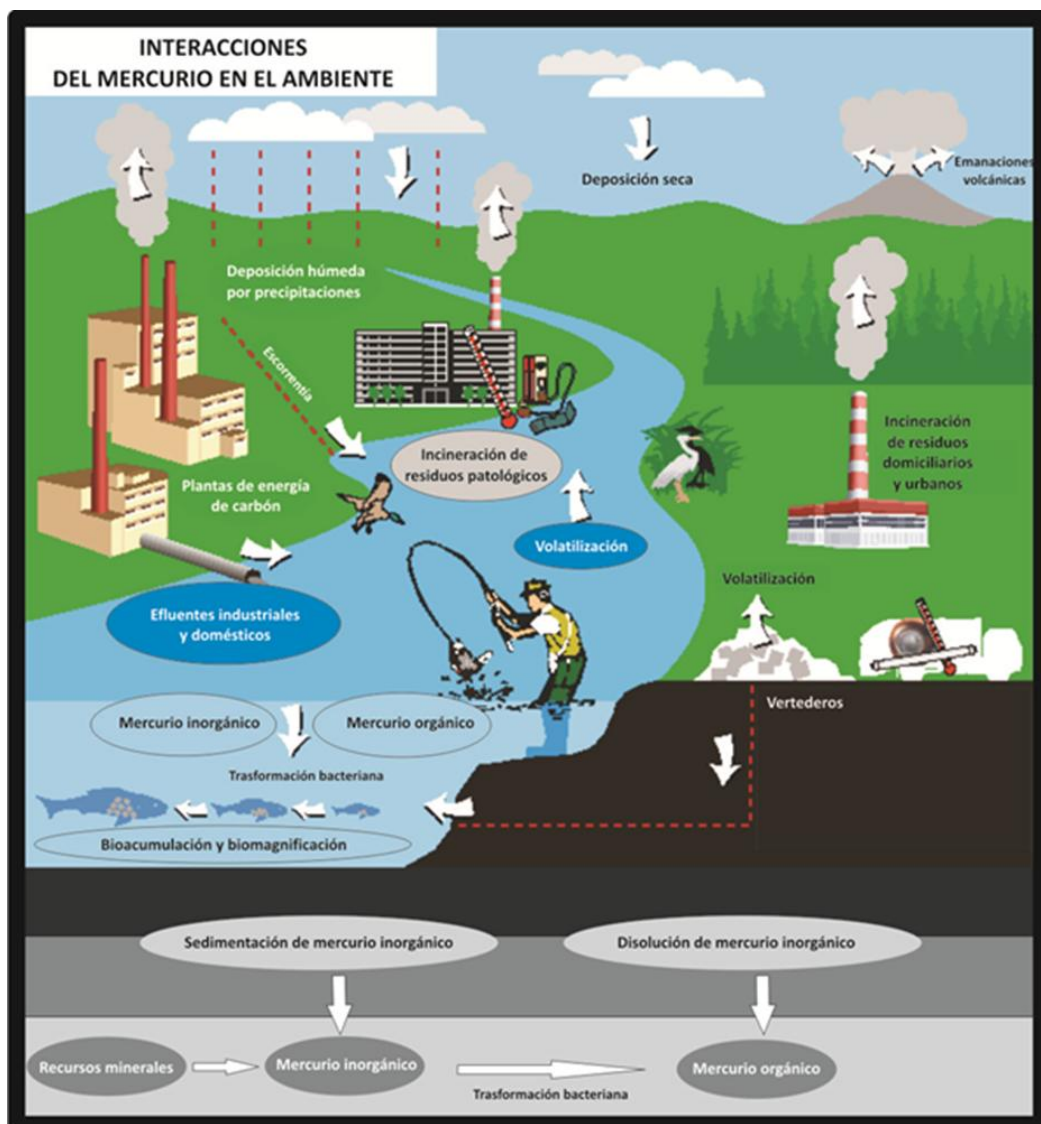
La emisión por fuentes puntuales y difusas, es dispersada y trasladada atmosféricamente, luego se deposita y almacena en los componentes abióticos y bióticos del medio ambiente, o se redistribuye a partir de éstos. La especiación del mercurio es un factor determinante en la circulación medioambiental. Por lo tanto, el ciclo y la repartición del mercurio son fenómenos complejos que dependen de numerosos parámetros ambientales. Es debido a este último punto que un episodio de contaminación por mercurio puede afectar a organismos vivos a distintas distancias.

El mercurio movilizado por las actividades antropogénicas, presenta diversos modos de liberaciones al medio ambiente, como formas de distribución, redistribución y almacenamiento en los compartimientos ambientales, tales como la atmosfera, suelo y agua. El mercurio adsorbido en partículas y los compuestos de mercurio iónico se depositan sobre el suelo y aguas cercanas a las fuentes (distancias locales a regionales), mientras que el vapor de mercurio elemental se transporta a escala hemisférica, lo que hace que las emisiones de este elemento sea una problemática mundial (Bluhm *et al.*, 1992).

El mercurio es un importante contaminante marino, muy tóxico para los organismos acuáticos, debido a su bioacumulación y biomagnificación (Bluhm *et al.*, 1992).

El riesgo de exposición solo puede ser minimizado mediante el control estricto del movimiento del elemento en el ambiente, evitando su derivación hacia fuentes de agua en donde se transforma en su forma más tóxica.

La Figura 2 ilustra las principales interacciones que ocurren en el ambiente.



Fuente: Northeast Waste Management Official's Association (2000)

Figura 2. Trayectorias del mercurio en el medio ambiente.

Figure 2. Pathways of mercury in the environment.

El mercurio puede cambiar de estado y especie en el curso de su ciclo, pero no puede descomponerse ni degradarse en sustancias inocuas. Siendo su forma más simple el mercurio elemental, que ya en si mismo presenta altos niveles de toxicidad para los seres humanos y el ambiente. Una vez que las actividades humanas han puesto en circulación el mercurio en la biosfera, éste no “desaparece” de nuevo en lapsos de duración comparable a la vida humana.

Las lámparas de descarga son una potencial fuente de liberación antropogénica de mercurio al medio ambiente. La cantidad de mercurio por lámpara es pequeño, pero con la implementación masiva de estas pueden aumentar, consecuentemente, las fuentes de emisión.

Alternativas de tratamiento de las lámparas como residuos

Existen diferentes alternativas de tratamiento para las lámparas con contenido de mercurio como residuo peligroso.

La primera alternativa es el aprovechamiento y valorización del residuo. Este proceso se basa en el reciclado que consiste en revalorizar las lámparas al fin de su vida útil para que retornen al mercado a través de los componentes recuperados. Estos componentes recuperados son: vidrio, cabezales de aluminio, fósforo y mercurio que puede regresar al ciclo de vida del producto o como materia prima de otros procesos productivos. En la Figura 3 se esquematizan los componentes recuperados en el ciclo de reciclaje de las lámparas.



Fuente: Martínez (2005)

Figura 3. Ciclo de reciclado de lámparas fluorescentes.

Figure 3. Cycle recycling of fluorescent lamps.

La Asociación para el Reciclado de Lámparas de España (2010) utiliza un equipo que separa los componentes de las lámparas: vidrio, cabezales de aluminio, fósforo y mercurio. El equipo consta de un triturador, un separador, un sistema de filtración de partículas y vapor, así como de cintas para el transporte de los elementos. Los diferentes materiales no recuperados son derivados a un tratamiento posterior, reciclaje o disposición final. Durante el proceso un soplador industrial mantiene la presión negativa. El polvo pasa a través de un sistema de filtros, siendo el último de carbón activado, antes de ser liberado a la atmósfera.

Otra alternativa de gestión es el proceso de trituración y disposición final como residuo peligroso. Éste consiste en ingresar las lámparas a una máquina capaz de triturar el vidrio y captar el vapor de mercurio en filtros de carbón activado. El vidrio y los filtros contaminados son estabilizados y enviados a un relleno de seguridad. La estabilización consiste en inmovilizar los contaminantes mediante algún sistema de solidificación. Los más utilizados son los basados en cal o cemento (Alonso *et al.*, 1999). Los contenedores son depositados en obras de ingeniería realizadas en un terreno, denominada relleno de seguridad. El mismo cuenta con sistemas de recolección de lixiviados, captación de vapores y membranas impermeables, a fin de reducir al mínimo la posibilidad de afectación al medio (US EPA, 2005). Cuando se concluye la operación de disposición, se procede a la clausura del relleno de seguridad, con los posteriores monitoreo y controles para asegurar que se mantengan en las condiciones adecuadas, así como la restauración de la superficie del terreno.

Por último, las lámparas con contenido de mercurio que no son gestionadas como residuos peligrosos, en particular las de origen residencial, son depositadas como residuo sólido urbano (RSU) en rellenos sanitarios o, en su defecto, en basurales a cielo abierto. En tales casos, la ausencia de una estructura legal y técnica no hace posible su diferenciación para la gestión y las lámparas se co-disponen junto con residuos urbanos. Los rellenos sanitarios y basurales a cielo abierto exponen a la emanación del mercurio contenido en las lámparas, ya sean éstas dispuestas enteras o trituradas. Según un estudio realizado por el Departamento de Protección Ambiental de New Jersey indicó que a temperaturas que varían de 4 a 30°C, entre el 17 y el 40% del mercurio contenido en las lámparas rotas es emitido durante un período de dos semanas. Las mayores tasas de volatilización corresponden a temperaturas elevadas y un tercio de éstas ocurren

durante las primeras 8 horas posteriores a la rotura. Finalmente, éste estudio demostró que las concentraciones de mercurio presentes en la atmósfera cercana a las lámparas rotas, pueden ser elevadas llegando a exceder los valores límites por la Environmental Protection Agency (US EPA).

Marcos de implementación, regulación y gestión

De la energía eléctrica consumida anualmente en el mundo el 18% es destinado a iluminación y el 81% restantes a otros usos. De la energía eléctrica anual destinada a iluminación el 37% es utilizado para iluminación eléctrica por incandescencia. De este porcentaje el sector residencial consume anualmente el 61% de energía para iluminación incandescente y el 39% restante corresponde al consumo del sector comercial y público. Por la crisis energética y el consumo en iluminación se ha incentivado la adopción de programas nacionales para hacer más eficiente el uso de energía. Para ello se han tenido en cuenta los sistemas de alumbrado público, industrial, comercial y doméstico. Estas acciones han llevado a un aumento significativo en el uso de lámparas con contenido de mercurio, sobre todo a nivel domiciliario.

Estados Unidos fue uno de los pioneros en la implementación del uso de la tecnología LFC, por lo que ha considerado de forma particular los residuos peligrosos generados, dándole una estructura organizada de gestión y tratamiento. La EPA es quien fiscaliza y regula lo establecido en la *ley de conservación y recuperación de recursos* destinada a regular residuos peligrosos. Esta ley establece criterios y operaciones según origen y peligrosidad para el caso de generadores puntuales y de grandes volúmenes. Además ésta incluye en un apartado específico a las LFC generadas en domicilio que son recolectadas y recicladas.

La Comunidad Europea ha adoptado políticas que regulan la generación de residuos peligrosos destinada a todos los estados miembros. Éstos adoptan las disposiciones generales estableciendo los reglamentos y los decretos para el cumplimiento en cada país. En el caso de las LFC, sus residuos son calificados dentro de una categoría en la normativa de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (*RAEE*). Por otro lado, también existe la normativa de restricción de uso de ciertas sustancias peligrosas (*RuSp*). Conjuntamente ambas normativas obligan a los agentes económicos que intervienen en el ciclo de vida del producto a asumir su parte de responsabilidad en la generación y gestión de las lámparas como residuo. En el caso de España, la aplicación de éstas normativas ha propulsado la formación de Sistemas Integrados de Gestión (*SIG*), que tiene como objetivo la protección del medio ambiente a través de una estructura administrativa que responde a las necesidades de gestión de cada uno de los *RAEE*. La gestión de las lámparas con contenido de mercurio es llevada a cabo por *AMBILAMP* (Asociación para el Reciclado de Lámparas), que es el *SIG* que organiza a nivel nacional los residuos generados por estas lámparas, los recolecta, recicla y reinserta los materiales recuperados al sistema productivo. *AMBILAMP* está formado por los fabricantes y productores de lámparas en España, entre los más importantes, General Electric, Osram, Phillips y Sylvania.

En América Latina, se ha incentivado por parte de distintos organismos internacionales como el BID (Banco Interamericano de Desarrollo) y la AIE (Agencia Internacional de Energía), al logro del ahorro energético mediante la implementación del uso de la tecnología LFC. Países como Cuba, Venezuela, Nicaragua y Brasil han generado planes de sustitución de lámparas incandescentes por lámparas con contenido de mercurio. En el caso de Brasil la gestión de las lámparas como residuo está a cargo del gobierno. En

algunos municipios se han tomado iniciativas para disponer correctamente los residuos generados por lámpara con contenido de mercurio, en cumplimiento con disposiciones establecidas a nivel federal.

En Argentina, la Secretaría de Energía de la Nación ha determinado diferentes programas en búsqueda de la eficiencia energética y los potenciales de ahorro por sector (industrial, residencial, público y comercial). En el marco del Plan Energético Nacional se implementó en 2004 el Programa de Uso Racional de Energía Eléctrica (PURE) que se basó en un sistema de incentivos a la reducción del consumo eléctrico. Posteriormente, en 2007 se lanzó el Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía (PRONUREE), que tiene como objetivo la definición de políticas y subprogramas para mejorar la administración de la demanda energética en función de criterios de racionalidad, eficiencia energética y responsabilidad. Una de las acciones para el logro de las metas propuestas por el PRONUREE fue el desarrollo del Programa de Calidad de Artefactos Energéticos (PROCAE), que desarrollo el etiquetado de eficiencia energética en aparatos electrónicos. Otra acción dentro de los objetivos a corto plazo del PRONUREE fue el recambio de lámparas incandescentes por LFC a escala domiciliaria.

Conjuntamente, el PRONUREE y la organización no gubernamental Greenpeace, incentivaron a implementar políticas de eficiencia energética que alcancen a todos los sectores de la energía. De esta forma, en 2008, Greenpeace presentó un proyecto de ley que avala la prohibición del uso de lámparas incandescentes. Finalmente el 12 de Enero de 2009 se promulgó la ley 26473 que "prohíbe a partir de Diciembre de 2010 la importación y comercialización de lámparas incandescentes de uso residencial general en todo el territorio de la República Argentina" y "se incentiva a la adopción de medidas que faciliten la importación de lámparas bajo consumo, reduciendo o liberando de

gravámenes y tributos de importación a través de la facultades que fueran conferidas en el Código Aduanero de la República Argentina". La comercialización y el consumo de lámparas con contenido de mercurio incide en diferentes variables, tanto técnicas y tecnológicas de la gestión, como así también en variables de consumo energético. La Tabla 2 muestra resultados de cantidades de lámparas según tipo y fuente de generación. Partiendo de estos datos se infirió la cantidad anual de reposición de lámparas, lo que permite establecer estimativamente los volúmenes de residuos generados por sector.

Tipo de lámpara	Potencia media W	Servicio anual h	Consumo por lámpara MW/h	Consumo anual en iluminación MW/h	Cantidad de lámparas en servicio	Cantidad de lámparas a reponer por año
Residencial				9419679		
Incandescente	60	1500	0.09	6593775	73264167	97685556
Tubo fluorescente	40	1500	0.06	1789739	29828983	7457245
LFC	15	1500	0.0225	1036164	46051764	17056209
Comercial				8096632		
Incandescente	60	2500	0.15	1944103	12960691	32401728
Tubo fluorescente	40	2500	0.1	5505710	55057098	18352366
LFC	15	2500	0.0375	647730	17272815	8636408
Industrial				2365402		
Incandescente	60	5000	0.3	23654	78846	394230
Tubo fluorescente	40	5000	0.2	94616	473080	315386
Fluorescente LFC industrial	15	5000	0.075	23654	315387	210258
Sodio de alta presión	250	5000	1.25	1371934	1097545	457310
Mercurio de alta presión	400	5000	2	851544	425772	177405
Institucional				1360351		
Incandescente oficial	60	2500	0.15	408105	272077	362779
Tubo fluorescente oficial	40	2500	0.1	816211	8162110	2720703
LFC oficial	15	2500	0.0375	136035	3627600	1511500
Alumbrado Público				3243984		
Incandescente	250	4000	1	162199	162199	216265
Mezcladora	250	4000	1	1200274	1200274	800182
Sodio de alta presión	250	4000	1	1589554	1589554	529851
Mercurio de alta presión	300	4000	1.2	291958	243298	81099

Fuente: Quintana (2010)

Tabla 2. Cantidad de lámparas a reponer por año según sector energético y según tipo de lámpara.

Table 2. Number of lamps to replenish per year according energy sector and according to lamp type.

Los distintos tipos de lámparas con contenido de mercurio comercializadas en el mercado argentino son importadas. Las marcas más importantes que se comercializan en Argentina son Phillips, General Electric y Sol de Noche. Las fábricas que producían lámparas incandescentes como la planta Béccar (fábrica de Osram) está sustituyendo sus procesos productivos para reconvertirlos en la fabricación de LFC. Por otro lado, otras compañías, como Novolux, tienen planificado instalarse para la fabricación y/o el ensamble de lámparas bajo consumo.

Marco legal en Argentina

Desde la legislación argentina en vigencia que regula a residuos peligrosos, se debería encontrar el espacio para tratar a las lámparas con contenido de mercurio. Sin embargo, la complejidad se presenta en diversos factores: diversas fuentes de generación, dispersión del residuo y características específicas del mismo, que sumado a incoherencias legales, dificultan encontrar este espacio. A partir de la sanción de la Ley Nacional que prohíbe la importación y comercialización de lámparas incandescentes, se plantea la necesidad de gestionar las lámparas con contenido de mercurio como residuos peligrosos que se producirían a escala residencial. Específicamente las LFC que producirán grandes volúmenes como consecuencia del recambio.

En 1991 se sanciona la Ley Nacional N°24051 de Residuos Peligrosos, cuyo Decreto reglamentario es el 831/93. Esta ley regula la generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos en jurisdicción nacional. Tanto en la ley como en su decreto se presenta una naturaleza mixta en la aplicación de la reglamentación y permite adoptar diversas posibilidades: provincias que adhieren a la

ley, provincias que adhieren y a su vez tienen su propia reglamentación y provincias y municipios con normativa propia. En esta situación compleja dos cuestiones deben resaltarse por su gran importancia: muchos municipios y provincias tienen gran dificultad y baja capacidad para gestionar sus residuos, especialmente los peligrosos, y los potenciales conflictos a partir del tráfico interjurisdiccional de residuos.

Con la reforma de 1994 se establece en el artículo 41 de la Constitución Nacional la responsabilidad de la Nación para dictar “normas que contengan los presupuestos mínimos de protección y a las provincias las necesarias para complementarlas sin que ellas alteren las jurisdicciones locales”. A partir de la nueva estructura constitucional se dictan: Ley N°25675 de Presupuestos Mínimos o Ley General del Ambiente, Ley N°25612 de Presupuestos Mínimos para la Gestión Integral de los Residuos Industriales y de Actividades de Servicio, sancionada en el 2002 y la Ley N°25916 de Gestión Integral de Residuos Domiciliarios. En esta última se establece en su Art. 35 las responsabilidades más importantes de las autoridades competentes, el establecimiento en su jurisdicción de programas especiales para la gestión de residuos domiciliarios con características particulares de peligrosidad.

La gestión integral de las lámparas con contenido de mercurio como residuo peligroso domiciliario es una tipología que no está definida bajo ninguna ley específica. Las lámparas con contenido de mercurio son contempladas como residuos peligrosos producidos a nivel industrial y de servicio. En efecto, dado las características de implementación del uso masivo de este tipo de lámparas, las de origen domiciliario deberían ser gestionadas conjuntamente con las generadas a nivel industrial y de servicios. Las leyes mencionadas anteriormente son los instrumentos legales a nivel

nacional, a partir de los cuales se podría gestionar las lámparas. Sin embargo, ninguna específica los principios y las actividades que deberían llevarse a cabo en este caso.

Destino de las lámparas como residuo

En Argentina, la disposición de lámparas con contenido de mercurio como residuo difiere de acuerdo a su fuente de origen. Actualmente las lámparas producidas como residuo a nivel domiciliario no tienen un circuito diferenciado de los residuos sólidos urbanos. De este modo, la lámpara es depositada finalmente en basurales a cielo abierto o en rellenos sanitarios en el mejor de los casos. Por otro lado, aquellos productores registrados como generadores de residuos peligrosos en vista de la legislación vigente deben acopiar un determinado volumen de dichas lámparas para luego destinarlas con algún operador inscripto de residuos peligrosos. Uno de los operadores que actualmente está tratando este tipo de residuo es TAYM, radicado en la provincia de Córdoba. Este operador recibe las lámparas trituradas, por lo cual realiza solo la estabilización del vidrio y disposición en un relleno de seguridad.

Teniendo en cuenta el contexto de Argentina y en el marco de una gestión integral de las lámparas con contenido de mercurio como residuo peligroso, es necesario definir las acciones que pueden llevarse a cabo estableciendo un orden de prioridades. A continuación, en la Figura 4 se muestra el orden jerárquico para la gestión de lámparas con contenido de mercurio como residuo peligroso.



Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de Rodríguez Jiménez (2010)

Figura 4. Jerarquía de gestión integral de lámparas con contenido de mercurio como residuo peligroso.

Figure 4. Comprehensive management hierarchy of mercury containing lamps as hazardous waste.

Como primer orden jerárquico en la gestión integral de residuos se deberán tomar medidas que promuevan la disminución o eliminación de la generación de los mismos. En este sentido, una de las posibles medidas es la sustitución de lámparas con contenido de mercurio. A escala residencial, la sustitución de la tecnología fluorescente puede tomar dos rumbos, uno es la implementación de otra tecnología de iluminación más eficiente, la cual aún resulta más costosa y por ende un acceso desigual por parte de la población; y por otro lado, una regresión a la tecnología incandescente, resultando inviable. Como segunda medida, podría minimizarse el contenido de mercurio en las

lámparas. Esta medida resulta de aplicación inviable dado que en el país no existen aún plantas de producción de lámparas con contenido de mercurio, por lo mismo, la reducción del elemento tóxico en la fuente es imposible. En países desarrollados debido a las exigencias legales que existen, los fabricantes han maximizado la disminución del contenido de mercurio. Sin embargo, esta disminución tiene un límite ya que es indispensable para cumplir con su principio de funcionamiento y eficiencia. Como tercera medida en la prevención y minimización se pueden efectuar modificaciones en los procesos productivos. Esta medida tampoco es factible en la situación actual, debido a que aún no se ha desarrollado el proceso productivo de las lámparas en el país.

Como segundo orden jerárquico debe fomentarse el aprovechamiento y valorización de los residuos generados. Esto puede lograrse a través del reciclado y la recuperación de los materiales constituyentes de las lámparas para ser reinsertados como materia prima en otros procesos productivos. Esta vía se adecúa a los requerimientos de cuidado de la salud y el medio ambiente, por ello es una opción viable a mediano o largo plazo para la República Argentina. Es necesario remarcar que el reciclado internaliza costos sociales y ambientales que podrían derivarse de no tratar el residuo, por lo que conlleva mayores costos económicos que deben superarse. Para una efectiva implementación de aprovechamiento y valorización de residuos es necesario que se desarrolle una estructura de oferta y demanda donde puedan reinsertarse los materiales reciclados de las lámparas como residuo.

Como tercer orden jerárquico en la gestión de lámparas con contenido de mercurio se encuentra el tratamiento. Las lámparas con contenido de mercurio deben ser tratadas con la tecnología de trituración y captación de vapores de mercurio, que no se ha

implementado aún en Argentina. Un operador, ECOBLEND, actualmente está cumplimentando los requisitos para comenzar a tratar estos residuos para el año próximo. El proceso constará de filtros de carbón activado que captarán el vapor de mercurio durante la trituración de lámparas. Tanto los filtros como el vidrio contaminado con mercurio, serán estabilizados y dispuestos en rellenos de seguridad. Sin embargo, este único operador no daría abasto para tratar los grandes volúmenes de residuos que se generarán en todo el país.

Como última alternativa en la gestión integral de residuos peligrosos se encuentra la disposición final que consiste en la acción de estabilizarlos y localizarlos en los lugares correspondientes, es decir, en rellenos de seguridad. Esto es lo que se realiza actualmente en Argentina, pero presenta varias falencias. Por un lado, no todas las lámparas generadas como residuo son diferenciadas como residuo peligroso. Sólo reciben diferenciación y posterior tratamiento como residuo peligroso aquellas lámparas que provienen de generadores del sector industrial y de servicios que se encuentran inscriptos en el Registro Nacional de Generadores Operadores de Residuos Peligrosos (Ley 24051). En este sentido es necesario que las lámparas con contenido de mercurio como residuo peligroso, tanto de origen industrial y servicio, como de origen residencial, sean abordadas como una corriente unificada de residuos a la hora de realizar la gestión. Esto quiere decir, que se torna necesario tomar acciones para que las lámparas con contenido de mercurio que se generen, sin importar la fuente de origen, reciban el mismo tratamiento y disposición. Por otro lado, el proceso no se lleva a cabo de forma adecuada, puesto que en Argentina los operadores que reciben las lámparas no cuentan con la tecnología de trituración y captación de vapores de mercurio, por lo tanto, para el caso de lámparas fluorescentes el componente peligroso se libera al medio

ambiente en el pretratamiento de triturado y sólo se controla el mercurio traza contenido en el vidrio de la lámpara.

Esta última alternativa de gestión no es solución para el mayor riesgo que plantea este tipo de residuo, sin embargo, supone una vía de gestión adecuada cuando el estado actual de la técnica no permite una eliminación apropiada de estos residuos o si el reciclado y reutilización no resultara factible económicamente. Es necesario que la disposición final se realice de forma correcta, con captación de vapores de mercurio en filtros y estabilización de estos y de las lámparas trituradas.

Líneas de acción para la Gestión Integral en la República Argentina

La gestión de las lámparas con contenido de mercurio así como la gestión de otros residuos peligrosos específicos, deben considerarse desde una política ambiental amplia que considere a todos los actores involucrados, especialmente a la sociedad.

Los lineamientos se formularon en base al marco de la legislación existente, la administración pública a escala municipal, provincial y nacional y los actores involucrados. Estos puntos son fundamentales para cada acción a tomar, en vistas del desarrollo sustentable, en el cuidado del medio ambiente y la salud pública. Se establecieron: *I) Líneas de acción para la generación de una política integral de residuos peligrosos y II) Líneas de acción para la gestión integral de lámparas con contenido de mercurio.* En la siguiente Figura 5 se esquematiza el sistema de gestión integral de lámparas con contenido de mercurio en el marco de una política integral de

residuos peligrosos que pueda generar las bases para funcionamiento más eficiente de este sistema.



Fuente: Elaboración propia (2010)

Figura 5. Sistema de gestión integral de lámparas con contenido de mercurio como residuo peligroso.

Figure 5. Comprehensive management system mercury-containing lamps as hazardous waste.

Las líneas de acción para la generación de una política integral de residuos peligrosos debe basarse en: un diagnóstico de la generación de residuos peligrosos por sectores, los

principios de política ambiental y la integración de instrumentos de la política económica.

Las líneas de acción para la gestión integral de lámparas con contenido de mercurio se propusieron en seis etapas que contemplaron el establecimiento de:

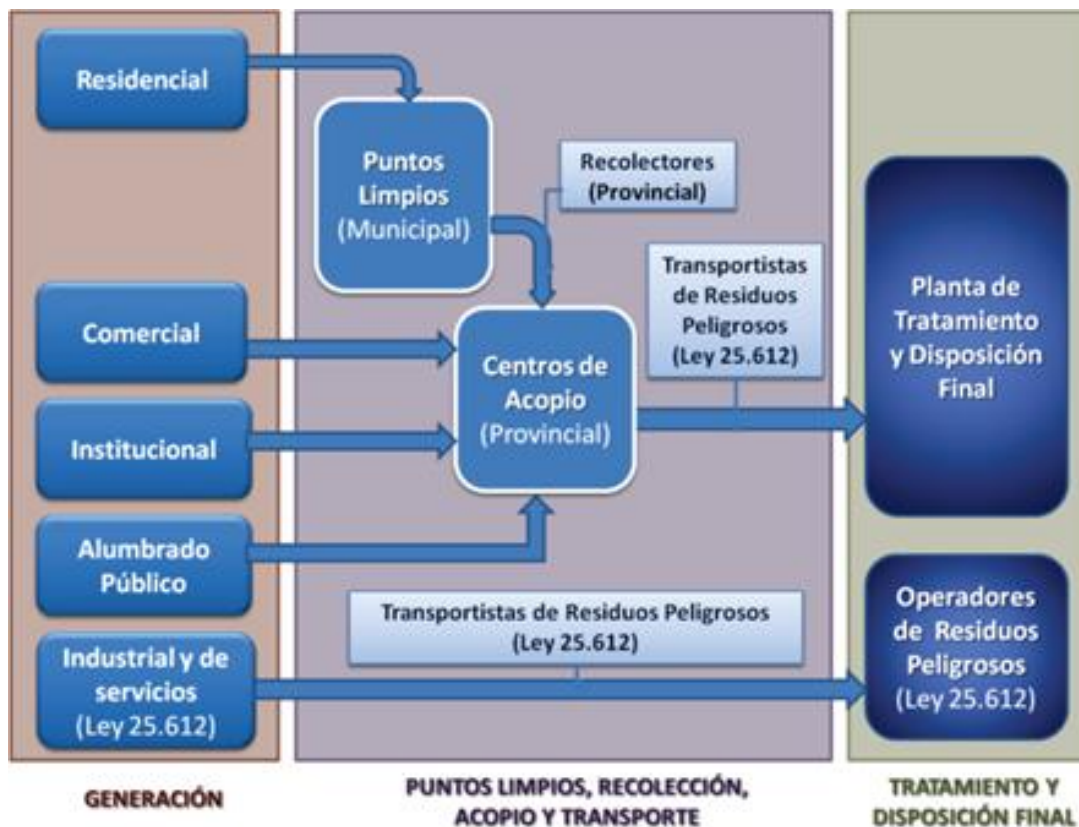
- 1- Bases para la gestión Integral de lámparas con contenido de mercurio como Residuo peligroso, considerando que debieran realizarse: un análisis del ciclo de vida, la internalización de los costos ambientales, la información y educación ambiental, información al consumidor, la participación ciudadana y la gestión de los riesgos durante todo el proceso.
- 2- Marco legal e institucional: modificando e incluyendo criterios específicos a la normativa existente en materia de residuos, a fin de lograr eficacia en la aplicación e implementación de un plan de gestión integral para lámparas con contenido de mercurio. Las reglamentaciones, resoluciones y decretos deberían realizarse a escala nacional, provincial y municipal estableciendo las responsabilidades administrativas en cada caso.
- 3- Generación de residuos: se deberán identificar los actores involucrados. Por un lado, los proveedores que forman parte de la etapa de comercialización como fabricantes, importadores, distribuidores y comercializadores; y por otro lado, los generadores de los residuos según orden público o privados, y según fuente de origen como residenciales, industriales, de alumbrado público, comerciales e institucionales. Se deberá atribuir las responsabilidades correspondientes a cada uno de estos actores involucrados en la generación. Los generadores deberán manipular adecuadamente los residuos considerando las características

limitantes de las lámparas con contenido de mercurio y los mecanismos para generar datos precisos sobre volúmenes de residuos según fuente.

- 4- Localización de zonas aptas para el establecimiento de plantas de tratamiento: se deben determinar la cantidad de plantas de tratamiento y disposición final necesarias, considerando volumen de residuos generados, capacidad de tratamiento y almacenamiento y la extensión del territorio nacional. La localización de las zonas aptas se debe definir en base a un estudio territorial teniendo en cuenta variables como sistemas de comunicación vial, distancia a poblaciones de mayor generación y variables naturales (precipitaciones, vientos, cercanía a cursos y fuentes de agua y riesgos de incendios, de inundaciones, y de movimientos sísmicos).
- 5- Puntos limpios, recolección, acopio y transporte: Un Punto limpio será el lugar físico donde los ciudadanos deberán depositar sus lámparas y serán establecidos a escala municipal. La recolección de los residuos peligrosos desde consiste en su traslado desde los puntos limpios hasta los centros de acopio, considerando las medidas necesarias para la seguridad. Los centros de acopio, serán determinados a escala provincial considerando la extensión territorial y el volumen de residuos producidos, donde se almacenarán los residuos provenientes de los puntos limpios de cada municipio. Por último, el posterior transporte de los residuos peligrosos desde los centros de acopio hasta las plantas de tratamiento y disposición final, planificando los circuitos y cronogramas adecuados.
- 6- Plantas de tratamiento y disposición final: estos serán los operadores de residuos peligrosos que llevaran a cabo el tratamiento y disposición final de las lámparas con contenido de mercurio como residuo. Para el establecimiento de estas plantas

se deberá: realizar una evaluación de impacto ambiental, involucrar a la sociedad mediante la participación ciudadana, establecer un sistema de gestión ambiental y de riesgos, entre otras medidas.

En la Figura 6 se muestra un ejemplo de modelo logístico en la gestión integral de lámparas con contenido de mercurio.



Fuente: Elaboración propia (2010)

Figura 6. Modelo logístico para la gestión integral de lámparas con contenido de mercurio como residuo peligroso.

Figure 6. Logistic model for the integrated management of mercury-containing lamps as hazardous waste.

CONCLUSIONES

Las LFC son energéticamente más eficientes que las lámparas incandescentes. En la etapa de consumo presentan efectos positivos como la disminución de la cantidad de energía consumida, un ahorro económico para el consumidor y una reducción de la emisión de gases de efecto invernadero. Sin embargo, en las etapas de producción y de la lámpara como residuo presentan desventajas asociadas directamente a las características de peligrosidad y toxicidad por su contenido de mercurio.

La característica del residuo generado por el uso de LFC (y lámparas de descarga en general) hacen que la gestión integral de éstos se torne compleja dado a su contenido de mercurio (componente de peligrosidad), su generación dispersa y sus características de fragilidad. Se requieren de medidas, técnicas y tecnologías adecuadas de recolección, manipulación, almacenamiento y tratamiento, que tendrá asociados mayores costos económicos.

Existen diferentes alternativas de tratamiento para las lámparas con contenido de mercurio como residuo peligroso. Cada opción tiene distintas consideraciones ambientales y conlleva costos económicos diferentes. El aprovechamiento y valorización es la alternativa más eficiente desde el punto de vista ambiental y social. Sin embargo, se torna necesario llevar a cabo un análisis que considere aspectos económicos, ambientales y sociales para adoptar una alternativa viable que sea compatible con el contexto de un país.

En América Latina el consumo de energía está incrementándose, sin embargo sigue siendo inferior al de los países industrialmente más desarrollados. La coordinación de planes de gestión y los recursos técnicos y tecnológicos con los que cuentan Estados

Unidos y algunos países de la Comunidad Europea, hacen viable la implementación de uso masivo de lámparas con contenido de mercurio debido a que se contempla la gestión de los residuos generados con las consideraciones necesarias.

En Argentina la implementación de LFC, abalado e impulsado por acciones a escala nacional, no tuvo en cuenta parámetros como: estructura legal e institucional de manejo de residuos, matriz de consumo energético y la situación económica y social del país. Al promover el recambio de lámparas incandescentes, no se hizo una evaluación integral de la situación actual del país con respecto a las tecnologías de iluminación existentes y a la peligrosidad de los residuos generados de lámparas con contenido de mercurio, aspecto fundamental a tener en cuenta en la implementación de uso masivo de LFC. Un Análisis comparativo de Ciclo de Vida de lámparas incandescentes y LFC para el caso específico de Argentina hubiera permitido tener una visión integral de la situación. Los costos de gestión de los residuos generados de lámparas con contenido de mercurio deben ser considerados para llevar a cabo programas y acciones de implementación masiva de LFC acompañados de la gestión de los residuos generados. Con la sanción de la Ley N°26.473 de prohibición de importación y comercialización de lámparas incandescentes, no se contempló que las capacidades técnicas, tecnológicas y económicas y la estructura política que existen en la actualidad no permiten gestionar adecuadamente el volumen de lámparas con contenido de mercurio que se generarán.

En Argentina, el sistema político y legal para el medio ambiente no está unificado y la red compleja de normativas no cuenta con una coherencia sistemática impidiendo una estructura dinámica para el accionar de la gestión ambiental. En materia de residuos peligrosos, así como sucede en la gestión de residuos en general, es necesario establecer

prioridades. Los instrumentos legales existentes plantean un marco heterogéneo y complejo para la gestión adecuada de lámparas con contenido de mercurio como residuo peligroso, por lo que en este contexto se torna de singular importancia el empleo de medidas de acción específicas que ayuden a la correcta implementación de un sistema integral de gestión de estos residuos en la práctica. En la toma de decisiones no se contempla la jerarquía en la gestión integral de residuos peligrosos y las decisiones para gestionarlos son improvisadas, mayoritariamente luego de haber percibido los efectos e impactos ocasionados.

Las lámparas con contenido de mercurio como residuo peligroso, tanto de origen industrial y servicio, como de origen residencial, deben ser abordadas como una corriente unificada de residuos a la hora de realizar la gestión. Se torna necesario tomar acciones para que el residuo, sin importar la fuente de origen, reciba el mismo tratamiento y disposición. La unificación de la corriente de lámparas con contenido de mercurio como residuo peligroso a escala nacional facilitará la organización y la gestión integral en cumplimiento con metas ambientales en la toma de decisiones.

Para una efectiva implementación de aprovechamiento y valorización de residuos es necesario que se desarrolle una estructura de oferta y demanda donde puedan reinsertarse los materiales reciclados de las lámparas como residuo. Mientras tanto será prioritario que al menos se plantee una recolección diferenciada de los residuos y disposición final teniendo en cuenta las características de peligrosidad y los potenciales impactos que puedan generar en el medioambiente y en la salud pública.

La implementación de estos lineamientos a un plan de gestión puede ser total, parcial o puntualmente, considerando que existen limitaciones administrativas, técnicas,

tecnológicas, sociales y culturales. Sin embargo, esta propuesta se fundamenta en la necesidad de establecer prioridades ambientales para el desarrollo sustentable, teniendo en cuenta la red compleja y complicada de interrelaciones en el abordaje de esta temática.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMBILAMP (Asociación para el reciclaje de lámparas). 2010. España.
<http://www.ambilamp.es/web>.
- Aucott M, Macinden M & Winka M. 2003. Release of mercury from broken fluorescent bulbs. *Journal Air Waste Management Association*, 53: 143-51
- Bergan T& Rohde H. 2001. Oxidation of elemental mercury in the atmosphere; constraints imposed by global scale modeling. *Journal of Atmospheric Chemistry*, 40: 191-212
- Bluhm RE, Bobbitt RG, Welch LW, Wood AJ, Bonfiglio JF, Sarzen C & Branch RA. 1992. Elemental mercury vapour toxicity, treatment, and prognosis after acute, intensive exposure in chloralkali plant workers: Part I. History, neuropsychological findings and chelator effects. *Human and Experimental Toxicology*, 11:201-210
- Brugnoli M & Iribane R. 2006. Estudio de Impacto en redes de distribución y medio ambiente debido al uso intensivo de lámparas fluorescentes compactas. Programa de Calidad de Artefactos Energéticos (PROCAE), Dirección Nacional de Promoción, Subsecretaría de Energía Eléctrica, Secretaría de Energía de la Nación. Grupo Energía y Ambiente, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

- Chapman L. & Chan HM. 2000. The influence of nutrition on methylmercury intoxication. *Environmental Health Perspectives*, 108 (Suppl.1): 29-56
- D'Andre A & Pacheco C. 2008. Impacto Energético y de Calidad de Energía por la Incorporación Masiva de Lámparas Fluorescentes Compactas. Grupo de Estudios Sobre Energía, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe, Argentina
- Forster R. 1998. Tipos de lámpara e iluminación. Cap 46: 1-19 Parte VI. En: Chantal Dufresne, BA (ed), *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*. Tomo 2. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España
- Garcia Fernández J. 2000. Lámparas y Luminarias. CITSEA (Centre d'Innovació Tecnològica en Convertidors Estpatics i Accionaments), Universidad Politècnica de Catalunya, España
- <http://edison.upc.edu/curs/llum/lamparas/lamp0.html>
- Goyer RA. 1997. Toxic and essential metal interactions. *Annual Review of Nutrition*, 17: 37-50
- INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial). 2006. *Resultados de un estudio del INTI sobre el desempeño de lámparas de bajo consumo*. <http://www.inti.gov.ar/ambiente/inf-tec.pdf>
- INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial) & AAMMA (Asociación Argentina de Médicos sobre Medio Ambiente). 2008. *Proyecto SAICM QSP: Mercurio en Productos Domésticos. Campaña Regional para la Minimización de las Fuentes Domésticas de Mercurio con Intervenciones en la Comunidad para la Protección de la Salud del Niño y la Mujer en la Argentina, Chile, Paraguay, Uruguay, Bolivia y Perú*. <http://crsbaseia.inti.gov.ar/mer-lamparas.htm>

- Jackson TA. 1997. Long-range atmospheric transport of mercury to ecosystems, and the importance of anthropogenic emissions – a critical review and evaluation of the published evidence. *Environmental Review*, 5: 99-120

- Kishi R, Doi R. & Fukuchi Y. 1993. Subjective symptoms and neurobehavioral performances of ex-mercury miners at an average of 18 years after the cessation of chronic exposure to mercury vapor. *Environmental Research*, 62: 289-302

- Martin M, Mase A & Schiaffino F. 2008. Uso racional de la energía. Unión Industrial Argentina. *Hecho en Argentina*, 33: 9-15.
<http://www.uia.org.ar/pyc.do?id=5>

- Martínez J. 2005. *Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos. Fundamentos*. Tomo I. Centro Coordinador del convenio de Basilea para América Latina y el Caribe, Montevideo, Uruguay: 161 p

- Lindberg SE, Wallschlager D, Prestbo EM, Bloom NS, Price J & Reinhart D 2001. Methylated mercury species in municipal waste landfill gas sampled in Florida, USA, *Atmospheric Environment*, 35: 4011-4015

- O’ Donnell Beatriz M, Paukste F & Sandoval JD. 2006. *Manual de iluminación eficiente*. Capítulo 4: Fuentes de iluminación. P 1–68. Universidad Tecnológica Nacional. Argentina.

- Petersen G, Munthe J, Pleijel K, Bloxham R & Vinod Kumar A. 1998. A Comprehensive Eulerian modeling framework for airborne mercury species: Development and testing of the tropospheric Chemistry Module (TCM). *Atmospheric Environment*, 32: 829-843

- UNEP (United Nations Environmental Program). 2002. Report of the Global Mercury Assessment Working Group on the Work of its First Meeting, Geneva, Switzerland: 9-13.

- USA ATSDR (Estados Unidos, Agency for Toxic Substances Disease Registry). 1999. Toxicological profile for mercury. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta, USA.

- US EPA (Estados Unidos, Environmental Protection Agency). 1997. Mercury study report to congress. <http://www.epa.gov/airprog/oar/mercury.html>

- WHO/IPCS (World Health Organisation, International Programme on Chemical Safety). 1991. *Inorganic mercury*. Environmental Health Criteria No 118, World Health Organisation, International Programme on Chemical Safety (IPCS), Geneva, Switzerland