



Conference Paper

REDUCCION DE CO₂ POR EL USO DE LAMPARAS DE BAJO CONSUMO A EXPENSAS DE LA GENERACION DE RESIDUOS PELIGROSOS DOMICILIARIOS

Jorge R. Parente and Luis N. Leanza

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Delta Campana – Buenos Aires - Argentina

Abstract

Because the national legislation prohibits the sale of incandescent lamps the Argentine citizen can acquire compact fluorescent lamps in their replacement. This situation has led us to develop this work whose main objective is to establish a comparison between these two types of lamps from the energy point of view and its environmental consequences. To this end, we have developed a study based on the last national census in Argentina. While significant energy savings achieved, and as a result lower emissions of carbon dioxide, this leads to an environmental problem due to the mercury content of compact fluorescent lamps. They become in hazardous waste when exhausted their useful lives and are discarded in sites for municipal solid waste. High probability that the lamps are broken and release mercury that can contaminate 19,55 liters of drinking water for kilogram of CO₂ saved. We conclude that the regulations required to purchase compact fluorescent lamps instead of traditional incandescent lamps must go accompanied with sustainable alternatives to dispose them appropriately since otherwise we will be replacing an environmental problem with another.

Resumen

Debido a que la legislación nacional prohíbe la venta de lámparas incandescentes, el ciudadano argentino solo puede adquirir lámparas fluorescentes compactas como reemplazo de aquellas. Esta situación nos ha llevado a elaborar el presente trabajo cuyo objetivo principal es establecer una comparación entre estos dos tipos de lámparas desde el punto de vista energético y sus consecuencias ambientales. A tal efecto se ha desarrollado un estudio fundamentado en el último censo nacional realizado en la República Argentina. Si bien se obtiene un importante ahorro energético, y como consecuencia de ello una menor emisión de dióxido de carbono, esto conlleva a un problema ambiental debido al contenido de mercurio de las lámparas fluorescentes compactas. Las mismas se convierten en residuos peligrosos domiciliarios cuando

Corresponding Author:

Jorge R. Parente
parentej@frd.utn.edu.ar

Received: 15 November 2017

Accepted: 5 January 2018

Published: 4 February 2018

Publishing services provided
by Knowledge E© Jorge R. Parente and Luis N.
Leanza. This article is
distributed under the terms of
the [Creative Commons](#)[Attribution License](#), which
permits unrestricted use and
redistribution provided that
the original author and source
are credited.Selection and Peer-review
under the responsibility of the
ESTEC Conference Committee.

agotan su vida útil y se desechan en sitios destinados a residuos sólidos urbanos. La alta probabilidad de que las lámparas se rompan y liberen el mercurio que poseen hace que puedan contaminar aproximadamente 19,55 litros de agua potable por kilogramo de CO₂ ahorrado. Se concluye que la normativa que obliga a adquirir lámparas fluorescentes compactas en reemplazo de lámparas incandescentes debe acompañarse de alternativas sustentables para desecharlas adecuadamente, ya que de lo contrario estaremos reemplazando un problema ambiental por otro.

Palabras claves: lámparas fluorescentes compactas, reducción de dióxido de carbono, residuos domiciliarios peligrosos, contaminación de agua potable

1. INTRODUCCION

Si bien es notorio que las lámparas incandescentes deben ser reemplazadas en beneficio del medio ambiente, en cuanto a la disminución de la emisión de dióxido de carbono, principal gas responsable del efecto invernadero y el cambio climático, cuando las mismas agotan su vida útil pasan a ser residuos inofensivos desde el punto de vista de los contaminantes peligrosos.

Las lámparas de bajo consumo o lámparas fluorescentes compactas, usualmente identificadas con las siglas CFL, poseen una cantidad de mercurio sensiblemente inferior a los tubos fluorescentes tradicionales y son inofensivas durante su vida útil, pero pasan a ser residuos especiales o peligrosos cuando se agota su dicha vida útil, o sea cuando deben ser descartadas y arrojadas como desechos en vertederos destinados a residuos sólidos urbanos. Los residuos peligrosos o especiales según el Programa de Medio Ambiente de la ONU del año 1985 son residuos (sólidos, barros, líquidos y gases contenidos) diferentes a los radiactivos (e infecciosos) los cuales, por razón de su actividad química o tóxica, corrosiva, u otras características, causen o puedan causar peligro para la salud o el medio ambiente, sea solo o cuando toman contacto con otro residuo (Domínguez, 2005).

Para conocer los problemas de salud asociados a la presencia de residuos peligrosos se debe establecer una relación causa-efecto entre contaminación y efectos sobre la salud por lo que se hace necesario estudiar las rutas de exposición.

Según la Agencia para las Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades del Departamento de Salud Pública de los Estados Unidos ATSDR (INET-GTZ, 2003) la ruta de exposición se compone de cinco elementos: fuentes de contaminación, medios de

transporte de contaminantes, puntos de exposición, vías de exposición y población receptora.

Entre los contaminantes peligrosos de reconocida toxicidad que se podrían encontrar en los lugares de disposición final de residuos sólidos podemos distinguir plaguicidas, disolventes, residuos infecciosos y metales. Entre estos últimos podemos distinguir fundamentalmente arsénico, berilio, cadmio, cromo, antimonio, bario, plomo, mercurio, plata y talio, los cuales son metales prioritarios en la lista de la EPA (LaGrega, 1996).

A la hora del descarte, las lámparas fluorescentes deben ser gestionadas como residuos peligrosos debido a su contenido en mercurio. Los materiales de las lámparas se encuentran dentro de un sistema cerrado, por lo cual su uso adecuado no representa riesgos o impactos sobre el medio ambiente o la salud. Dichos materiales entran en contacto con el medio ambiente solo en caso de rotura o destrucción, siendo el principal riesgo la liberación del mercurio.

El mercurio ocasiona una amplia gama de efectos sistémicos en los seres humanos (riñones, hígado, estómago, intestino, pulmones y una especial sensibilidad del sistema nervioso), aunque varían con la forma química. Los microorganismos convierten el mercurio inorgánico en metilmercurio, una forma química muy tóxica, persistente y bioacumulable, y que además se absorbe fácilmente en el tracto gastrointestinal humano (US EPA, 1999). También actúa como un agente inhibidor de la actividad enzimática y puede provocar la aparición de malformaciones fetales. Asimismo, es tóxico para las aves de rapiña y otras variedades de la fauna salvaje. También es responsable de lesiones foliares en las plantas y de reducir su crecimiento (Seoáñez Calvo, 1997).

Las lámparas fluorescentes residuales deben ser consideradas en función de las leyes que regulan los residuos especiales (Ley 11720, 1995) o residuos peligrosos (Ley 24051, 1992). Específicamente el metal pesado mercurio es considerado por la ley de residuos especiales como desechos que tengan como constituyente este metal y deben ser controlados. Se especifica lo indicado en el anexo I de la Ley de Residuos Especiales como Y) 29. Mercurio. Compuestos de Mercurio.

2. OBJETIVOS

Realizar un estudio comparativo de consumos y potencial ahorro energético por el reemplazo total de lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas (CFL) en la República Argentina.

En función del análisis energético realizado calcular la disminución en la emisión de dióxido de carbono como consecuencia del uso de lámparas de bajo consumo en reemplazo de las lámparas incandescentes.

Considerar a las lámparas fluorescentes compactas como residuos peligrosos a los efectos de proteger la salud humana y el ambiente cuando se realiza la disposición final de las mismas.

Determinar un indicador que relacione la cantidad de agua potable que puede ser potencialmente contaminada en función del dióxido de carbono ahorrado.

3. DESARROLLO Y RESULTADOS

El 28 de enero de 2010 se reglamentó una ley nacional (Ley 26473, 2009) a través del decreto 2060/2010 que prohíbe en todo el territorio de la República Argentina la venta de lámparas incandescentes, a partir del 1 de enero de 2011, aconsejando se las reemplace por lámparas CFL. El fin de ésta ley es lograr una mayor eficiencia energética reduciendo el consumo eléctrico y como consecuencia la emisión de gases de efecto invernadero.

En función de la comparación indicada en la tabla 1 se realizarán los análisis energético y ambiental. Se han tomado valores indicados por los fabricantes ya que en la realidad estos valores pueden variar conforme a la calidad del producto. Cabe destacar que en el futuro sería oportuno realizar un exhaustivo análisis estadístico para determinar valores medios reales, los cuales, indudablemente influirán en los resultados finales que se obtienen en este estudio.

TABLA 1: Comparación de lámparas compactas fluorescentes y lámparas incandescentes

Rubro	Lámpara CFL	Lámpara Incandescente
Rendimiento (lumen/watt)	60	12
Vida útil (horas)	8000	1000

4. Análisis energético

Para efectuar un análisis del plan de reemplazo de lámparas a escala doméstica planteamos como hipótesis de trabajo una vivienda para familia tipo conformada por tres personas, considerando los datos del censo efectuado en el año 2010, que arrojó las siguientes cifras: 14.297.149 viviendas y 40.091.359 habitantes.

Se estima una vivienda media de 48 m² compuesta por cocina, comedor, baño, y dos dormitorios.

A partir de un consumo no eficiente se analiza y compara la alternativa de reemplazo total de lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas considerando el flujo luminoso requerido.

Para cada ambiente se estableció el flujo luminoso de acuerdo a los requerimientos establecidos en la Ley Nacional de Higiene y Seguridad en el trabajo (Ley 19587, 1972) y su decreto reglamentario 351/1979 donde en su capítulo 12 de iluminación y color, anexo V, la tabla 2 fija valores de intensidad mínima de iluminancia (lux) para vivienda. Si bien la ley especifica para cocina y no para comedor se toma para éste último una iluminancia similar a la primera. Por otra parte, se tiene en cuenta solo la iluminación general que indica la ley no considerando la iluminación localizada.

TABLA 2: Intensidad Mínima de Iluminación (basada en Norma IRAM-AADL J 20-06)

Ambiente	Iluminación General (lux)
Baño	100
Cocina	200
Comedor	200
Dormitorio	200

En la tabla 3 se observa la potencia necesaria a ser instalada con lámparas incandescentes en función de la superficie estimada para cada ambiente y del rendimiento de dichas lámparas.

TABLA 3: Potencia instalada de lámparas incandescentes por vivienda

Ambiente	Superficie (m ²)	Potencia (watt)
Baño	6	50
Cocina	12	200
Comedor	12	200
Dormitorios (2)	24	400
Total	48	850

Para cubrir el mismo flujo luminoso con lámparas de bajo consumo, considerando que su rendimiento es 5 veces superior, deberíamos instalar una potencia de 170 watt; si estimamos la instalación de lámparas de 15 W (equivalente a una lámpara incandescente de 75 watt) necesitaremos aproximadamente 11,33 lámparas CFL por vivienda lo que representa un total de 162.034.355 lámparas en todo el país.

En la tabla 4 se establece el consumo anual de energía eléctrica por cada vivienda estimando la cantidad de horas que se encuentran encendidas diariamente cada una de las lámparas incandescentes.

TABLA 4: Consumo anual de energía eléctrica de lámparas incandescentes por vivienda

Ambiente	Uso diario (horas)	Consumo anual (kWh)
Baño	2	36.5
Cocina	4	292.0
Comedor	6	438.0
Dormitorios (2)	2	292.0
Total	-	1058.5

Considerando el rendimiento de las lámparas de bajo consumo respecto de las lámparas incandescentes el reemplazo de la totalidad de éstas por aquellas representará un consumo anual de energía eléctrica de 211,7 kWh por vivienda. Esto representa un ahorro de 846,8 kWh anuales por vivienda o sea 12.106.825 MWh por año en todo el país.

5. Análisis ambiental

El aspecto favorable del uso de lámparas fluorescentes en reemplazo de las incandescentes es la importante reducción en la emisión de dióxido de carbono.

Consultada la página oficial de la Secretaría de Energía de la República Argentina se adopta un factor de emisión de 0,547 ton CO₂/MWh. El factor de emisión representa la cantidad de dióxido de carbono que se genera por MWh de electricidad producida para la Red de Energía Eléctrica. Se utiliza para estimar las reducciones de emisiones que logran las actividades de proyecto del sector energético, encuadradas en el Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL).

Considerando el factor de emisión expuesto y el ahorro energético producido por la sustitución del total de las lámparas incandescentes de 12.106.825 MWh/año significa una reducción de 6.622.433 toneladas de dióxido de carbono al año.

Teniendo en cuenta la reducción anual de CO₂ y las 162.034.355 lámparas de bajo consumo a instalar anualmente, observamos que cada vez que se instala una lámpara de bajo consumo se ahorra la emisión de aproximadamente 40,87 kg de CO₂ a la atmósfera al año.

Adoptando una media de uso diario de 3,5 horas y estimando una vida útil de 8000 horas resulta entonces el reemplazo de una lámpara CFL cada 6,26 años, lo que significa una reducción de aproximadamente 255,85 kg de dióxido de carbono emitidos por cada lámpara desechada.

Sin embargo, el aspecto desfavorable de las CFL es la presencia de 5 mg de mercurio por lámpara. Si bien durante su vida útil no representa ningún riesgo; sí lo es cuando son descartadas y arrojadas a los vertederos liberando el mercurio presente cuando las mismas se rompen. De esta manera pueden contaminar las aguas subterráneas por percolación. Considerando el actual mal estado de los vertederos en la República Argentina la probabilidad de rotura es sensiblemente alto, lo cual incrementa el riesgo de contaminación.

Los criterios de calidad para agua potable (OMS, 1996) y las regulaciones internas primarias de los Estados Unidos (EPA, 2000) para el mercurio se pueden apreciar en la tabla 5.

TABLA 5: Criterios de calidad para el agua potable

Metal	Guidelines for Drinking Water Quality OMS (mg/L)	Regulaciones Internas Primarias EPA (mg/L)
Mercurio	0,001	0,002

Considerando el contenido de mercurio en una lámpara fluorescente, la contaminación probable del mismo para agua potable se observa en la tabla 6.

TABLA 6: Contaminación probable de agua potable por una lámpara CFL

Metal	Drinking Water – Guía OMS (Litros)	Regulaciones Internas Primarias EPA (Litros)
Mercurio	5000	2500

Adoptando las especificaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 1996) y la cantidad de dióxido de carbono ahorrado, la relación resultante es de 5000 litros de agua potable potencialmente contaminada cuando se ahorran aproximadamente 255,85 kilogramos de dióxido de carbono o sea 19,55 litros de agua por kilogramo de dióxido de carbono.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La ley 26473 a través del decreto 2060/2010, que resuelve la prohibición de lámparas incandescentes en todo el territorio de la República Argentina, se fundamenta en lograr una mayor eficiencia energética reduciendo el consumo eléctrico y la emisión de gases

de efecto invernadero. El ahorro energético para todo el país por el reemplazo de la totalidad de lámparas incandescentes es de 12.106.825 MWh/año y una reducción de 6.622.433 toneladas de CO₂ anuales.

A pesar de las ventajas en cuanto a vida útil y ahorro energético, la presencia de mercurio en las lámparas fluorescentes compactas, al ser desechadas incorrectamente puede contaminar 19,55 litros de agua por cada kilogramo de dióxido de carbono ahorrado.

También se debe tener en cuenta que ingresaron a nuestro país muchas lámparas de dudosas marcas que no cumplen con la cantidad de horas que expresan en su empaque ni con el rendimiento luminoso indicado. Esto agrava aún más la situación ambiental, dado que es inferior la cantidad de dióxido de carbono teóricamente ahorrado, con igual o mayor contaminación por mercurio en su disposición final.

Si bien para nuestro estudio se han tomado valores indicados por los fabricantes, considerando lo anteriormente expuesto, en el futuro sería oportuno realizar un exhaustivo análisis estadístico para determinar valores medios reales, los cuales, indudablemente influirán en los resultados finales que se obtienen en este estudio.

La reducción del contenido de mercurio parece estar acotada debido a que, según los fabricantes, un nivel de mercurio insuficiente resultaría en un prematuro agotamiento de una lámpara fluorescente.

Referencias

- [1] Domínguez Oscar Roberto (2005) – Seminario sobre Gestión de Residuos Especiales - Maestría en Ingeniería Ambiental de la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Delta – Buenos Aires - Argentina.
- [2] INET-GTZ (2003) – Gestión de Residuos sólidos, Técnica, Salud, Ambiente, Competencia - Proyecto INET (Instituto Nacional de Educación Tecnológica) – GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH) – Colección Educar para el ambiente – Manual para el docente.
- [3] LaGrega Michael D., Buckingham Phillip L. y Evans Jeffrey C. (1996) – Gestión de Residuos Tóxicos - pp. 876-877 - Mc Graw-Hill - Madrid - España.
- [4] Ley 11720 (1995) – De Residuos Especiales – De generación, manipulación, almacenamiento, transporte, tratamiento, y disposición final de residuos especiales en el territorio de la Provincia de Buenos Aires – Anexo I y Anexo II – 2 de noviembre de 1995 – Provincia de Buenos Aires.

- [5] Ley 24051 (1992) – De Residuos Peligrosos – De generación, manipulación, transporte y tratamiento – Reglamentación de la Ley: Decreto 831 (03/05/1993) - Anexo I y Anexo II - 17 de enero de 1992 – Argentina.
- [6] Ley 19587 (1972) – Nacional de Higiene y Seguridad en el trabajo - Capítulo 12 de iluminación y color, anexo V, Tabla 3.
- [7] Ley 26473 (2009) – Importación y comercialización de lámparas incandescentes de uso residencial – 12 de enero de 2009 – Argentina.
- [8] OMS, 1996 – Guidelines for Drinking Water Quality. Volume 2. Health criteria and other supporting information. 2^a Edición - Ginebra.
- [9] Seoáñez Calvo Mariano (1997) – Ingeniería Medioambiental Aplicada – Casos Prácticos – Colección Ingeniería del Medio Ambiente – pp. 58 - Ediciones Mundi Prensa – Madrid – España.
- [10] US EPA (1999) – Hazardous waste management system; Modification of the hazardous waste program; Hazardous waste lamps; Final Rule. US EPA.