

# IMPACTO AMBIENTAL DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

## -CONTAMINACIÓN LUMÍNICA -.

Néstor de Jesús Zapata Giraldo

Empresas Públicas de Medellín

Nestor.zapata@epm.com.co

Ingeniero electricista

Profesional Técnico Distribución

Aspirante a especialista en Gerencia de Proyectos

### **Eje temático**

Gestión Proyectos de Iluminación

### **Subtema**

Contaminación lumínica

### **Objetivo General**

Mostrar los efectos nocivos que pueden presentar los sistemas de iluminación artificial, haciendo énfasis en la contaminación lumínica

### **Objetivos Específicos**

- Inculcar el uso eficiente de la energía en iluminación. Como es sabido la generación de energía en un gran porcentaje, es causa de problemas ambientales, y por ende la iluminación artificial como gran consumidora de energía no es ajena a estos, por lo que si optimizamos su eficiencia disminuimos la contaminación.
- Informar sobre el buen manejo de los residuos sólidos, ya que varios elementos utilizados en los sistemas de iluminación artificial, al finalizar su vida útil se convierten en desechos que mal manejados pueden afectar la salud y los ecosistemas, por lo que su buena manipulación o mejor aún su reemplazo por fuentes menos perjudiciales, disminuiría notablemente sus efectos.

- Dar a conocer el efecto nocivo de la contaminación lumínica; Si bien el resplandor de la luz artificial hacia el cielo no se puede eliminar completamente, si hay que buscar formas de minimizar el velo astronómico hasta un porcentaje admisible, ya que este tiene implicaciones negativas en astronomía, ecosistemas de vida salvaje, migraciones, consumo de energía, visión escotópica, y en muchos otros problemas tanto psicológicos como fisiológicos.

### **Palabras clave**

Contaminación lumínica, polución lumínica urbana, velo astronómico.

### **RESUMEN**

En las últimas décadas se ha abordado con gran interés el tema de la contaminación ambiental en todas sus manifestaciones.

En este artículo se presentan orígenes y consecuencias de la contaminación provocada por los sistemas de iluminación artificial, resaltando las ocasionadas por la generación eléctrica, el manejo de residuos, y el menos evidente pero no por ello menos nocivo, la contaminación lumínica, causada por deflexión, difusión e intrusión de la luz que afectan negativamente la astronomía, la economía, la salud, la privacidad, el paisaje, los ecosistemas, la cultura entre otras.

En el desarrollo del tema, se presentan a consideración soluciones implementadas o sugeridas en diferentes regiones y organizaciones del planeta, que urgen ser tenidas en cuenta por los diferentes países y legislaciones.

### **INTRODUCCIÓN**

La energía eléctrica, guarda una gran relación con los problemas medioambientales, sobre todo cuando es generada utilizando combustibles fósiles, pero también si se genera a través de centrales nucleares e hidroeléctricas, (producción de CO<sub>2</sub>, efecto invernadero, disposición final de desechos, riesgos de manipulación y manejo de reactores, desplazamientos, impactos a ecosistemas, cambio de costumbres regionales y locales entre otras). (Herranz, 2002)

Los sistemas de iluminación como grandes consumidores de energía, no son ajenos a esta contaminación y además de ello contribuyen con desechos propios de sus elementos, especialmente en el de bombillas, ya que estas poseen (a excepción de las incandescentes) componentes nocivos como el mercurio, que de no tener un adecuado proceso de disposición

final, serian grandes contaminantes de los ecosistemas y perjudiciales para la salud humana y de otros seres vivos.

Los anteriores efectos contaminantes provocados por los sistemas de iluminación artificial, al igual que muchos otros, los relacionamos con algo sucio, de mal aspecto o mal olor en el agua, el suelo o el aire. Este tipo de contaminación, ha sido tratado ampliamente por los ambientalistas tradicionales, al igual que tienen una amplia legislación incluso a nivel mundial, pero en los últimos tiempos, con el desarrollo industrial y el crecimiento de grandes ciudades, aparece un nuevo tipo que físicamente no es detectable a primera vista, este es la contaminación acústica y la contaminación lumínica.

El objetivo de este trabajo es mostrar los efectos nocivos que pueden presentar los sistemas de iluminación artificial, haciendo énfasis en la contaminación lumínica, igualmente se debe concienciar a los profesionales de la iluminación, a los entes gubernamentales y al público en general del problema y a la vez mostrar caminos que mitiguen estos efectos.

Pero el hecho de minimizar la contaminación lumínica no significa ciudades mal iluminadas, se trata de iluminación adecuada y eficiente que evite la emisión de luz por encima de la horizontal, y que utilice efectivamente la luz estrictamente necesaria para el tipo de lugar a iluminar.

## **IMPACTO AMBIENTAL DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN**

Desde la antigüedad se considera al ser humano como parte del medio ambiente, por ello todo lo que perjudique la naturaleza igualmente lo hará con el hombre. Hoy sigue siendo un tema de mucha actualidad, ya que hemos ido tomando conciencia de esta relación.

Existe una clara relación entre medio ambiente y energía, y la iluminación en proporción a su consumo energético es responsable de los daños ocasionados por la generación eléctrica.

Se pretenden mostrar las consecuencias nocivas para el medio ambiente, de los procesos necesarios para crear y mantener estos sistemas, no solo desde la generación de energía requerida para estos, si no también teniendo presente la disposición final de los desechos, sus efectos nocivos y la contaminación lumínica, para llegar a conclusiones sobre algunas formas de mitigar estos daños.

### **Efecto asociada a la generación de energía eléctrica.**

La energía eléctrica, guarda una gran relación con los problemas medioambientales, sobre todo cuando es generada utilizando combustibles fósiles, pero también si se genera a través de centrales nucleares, hidroeléctricas, entre otras (producción de CO<sub>2</sub>, efecto invernadero, disposición final de desechos, riesgos de manipulación y manejo de reactores, desplazamientos, impactos a ecosistemas, cambio de costumbres regionales y locales). (Herranz, 2002)

### **Efectos por generación termoeléctrica**

#### **Cambios climáticos.**

La generación de energía eléctrica, causa unos efectos nocivos para la humanidad, sobre todo teniendo en cuenta que el 86% de la energía primaria utilizada, proviene del uso de combustibles sólidos, que causan grandes problemas ambientales asociados a su extracción, transporte y consumo.

Las centrales termoeléctricas generan energía eléctrica a partir del empleo de combustibles fósiles o no, produciendo gases como el CO<sub>2</sub>, que contribuye al efecto invernadero.

Los gases de efecto invernadero, son los que tienen la propiedad de permitir el paso de longitudes de onda cortas, como las que llegan del sol, y retienen las longitudes de onda largas, como la radiación terrestre, y si bien el CO<sub>2</sub> no es el más poderoso, si preocupa el hecho de que se emite en grandes cantidades (su concentración en la atmósfera pasó de 315 a 355 ppm desde el año 1958 a 1990). (Assaf, Dutt, & Tanides, 2002)

El aumento del efecto invernadero provoca un problema mundial llamado cambio climático que consiste en cambios de magnitud, tiempo y espacio, de temperatura, vientos, humedad, régimen de lluvias, etc.

Entre las causas que provocan el cambio climático se encuentran las externas al planeta (variación de la órbita terrestre, ciclo de manchas solares, impacto de meteoritos y cometas) y las internas al planeta que son las de origen natural (erupciones volcánicas) y las de origen

humano (mayor producción de gases de efecto invernadero) que es el tema que se le debe poner mayor atención ya que depende de nosotros evitar su incremento.

**Efectos de la contaminación por CO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>** (Assaf, et al, 2002).

En el proceso de combustión, además del CO<sub>2</sub> y vapor de agua, se emiten otros gases como el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) que proviene del azufre contenido en el petróleo y en el carbón mineral, que a su vez se oxida para formar el trióxido de azufre (SO<sub>3</sub>). Y como en general para la combustión no se utiliza oxígeno puro como comburente si no aire que posee componentes de nitrógeno como también lo poseen los combustibles, que a altas temperaturas, el oxígeno reacciona con el nitrógeno formando monóxido de nitrógeno (NO) que también se oxida parcialmente y forma el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>).

El SO<sub>3</sub> y el NO<sub>2</sub> al combinarse con el agua de la atmósfera se transforman en ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) y ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) que al caer por gravedad se denomina precipitación seca, y al caer con agua se conocen como lluvias ácidas.

Estos fenómenos pueden traer efectos nocivos para la salud humana, los vegetales, los suelos, las lagunas, los peces entre otros.

**Efectos por generación hidroeléctrica**

Igualmente ocurren efectos nocivos a nivel local y regional con la generación hidroeléctrica, debido a los complejos ecosistemas que afecta y a la inundación de grandes áreas de tierras especialmente en llanuras.

Esta presa interrumpe el curso normal de los ríos y varía el volumen y caudal aguas abajo, cambia las características y la calidad del agua, debido al aquietamiento de estas, varía el nivel freático de la región, causa infinidad de problemas sobre la fauna y la flora regional, por la destrucción de su hábitat afectando todas las formas de vida, puede producir erosión en las orillas aguas abajo debido al cambio de nivel, se interrumpen las migraciones reproductivas de los peces.

Los problemas mayores para el ser humano serian en muchos casos la destrucción del patrimonio histórico y cuando se hacen necesarios reasentamientos, se ven afectadas radicalmente las raíces culturales.

### **Efectos por generación nuclear**

La generación nuclear implica una variedad de riesgos ambientales: el almacenamiento de desechos que mantienen su radiactividad durante miles de años; la mala manipulación o el robo de material radiactivo ya que se requiere menos de 10 Kg de Uranio o Plutonio para fabricar un explosivo atómico; y la seguridad en la operación de estos reactores, ya que si bien una central nuclear en condiciones normales de operación no libera mayor cantidad de material radiactivo, si se han presentado accidentes graves.

### **Efectos por otros tipos de generación**

A pesar de lo anterior, no se pueden negar los grandes beneficios para la humanidad de la energía eléctrica, por lo que se debe buscar eliminar o minimizar el grado de perjuicio del tipo de generación que debemos emplear, no solo entre los mencionados anteriormente sino tener en cuenta e incentivar la utilización de otras fuentes de generación eléctrica limpia, como la eólica, solar, mareomotriz entre otras.

### **Efecto asociada a la generación de energía eléctrica con destino a la iluminación artificial.**

El derroche energético que supone la excesiva iluminación nocturna, no solo contamina lumínicamente, sino que contribuye a agravar el cambio climático.

Se debe cuantificar los costos disminuidos en generación por un uso racional de la energía en cuanto a iluminación correcta, que para el caso de España se estima en 250 millones de euros al año.

La reducción en la emisión de los contaminantes en Argentina debidos a una iluminación eficiente durante el año 2000 se muestra en el siguiente cuadro (Assaf, et al, 2002).

Tabla 1. Reducción en la emisión de los contaminantes en Argentina

<i>Contaminante</i>	<i>Toneladas año</i>
Dióxido de carbono CO <sub>2</sub>	5,09 x 10 <sup>6</sup>
Dióxido de azufre SO <sub>2</sub>	2.436
Óxidos de nitrógeno NO <sub>x</sub>	9.408
Material particulado	336

(Assaf, et al, 2002).

Según la Unidad de Plantación Minero Energética, en Colombia solo el alumbrado público para el año 2005 represento el 3% del total del consumo de energía eléctrica, que para el año 2007 serían 1.600 GWh que ha una tarifa promedio de 208 \$/Kwh., representan \$364.800 millones de pesos al año. (UPME & UNAL, 2008)

**Desechos contaminantes de los sistemas de iluminación** (Assaf, et al, 2002).

Los sistemas de iluminación contribuyen a la contaminación con desechos propios de sus elementos, especialmente en el de bombillas, ya que estas poseen (a excepción de las incandescentes) componentes nocivos como el mercurio, un metal pesado y tóxico, en cantidad que oscila entre 3 y 50 mg por bombilla.

Año a año, millones de estas lámparas de descarga son arrojados a basureros (más aún cuando su ampolla es destruida) produciendo gran contaminación de los ecosistemas, perjudicando la salud humana y de otros seres vivos.

Las bombillas de mercurio alta presión utilizadas en alumbrado público son las que contienen mayor cantidad de mercurio, pero paulatinamente han sido cambiadas por sistemas más eficientes como son las de sodio alta presión que también lo poseen pero en menor cantidad. Para minimizar el riesgo de contaminación las bombillas de mercurio retiradas debieron o deberán ser quebradas exteriormente y sus ampollas inmersas en bloques de concreto para evitar su liberación al ambiente.

El cambio general de bombillas incandescentes por fluorescentes compactas implicará un aumento de desechos de mercurio, ya que las fluorescentes compactas poseen entre 3 y 5 mg por unidad y si reponemos en nuestro país unas 10 millones anuales, se podría estar hablando de desechar 50 Kg. de mercurio al año.

### **Efectos biológicos nocivos**

Las radiaciones relacionadas con la iluminación estarían produciendo resultados biológicos nocivos para los seres humanos y los ecosistemas.

Los efectos perjudiciales para la salud humana como consecuencia de las radiaciones ultravioletas son fotoqueratoconjuntivitis, cataratas, efectos retardados sobre la piel, queratitis; por radiaciones infrarrojas la catarata térmica, daño térmico de retina, daño térmico sobre la piel, eritema y queratitis (termoqueratitis), y por luz azul la fotoretinitis.

A excepción de casos como mesas de cirugía, lugares de internación, trabajos de soldadura etc., las demás sistemas de iluminación comunes no se acercan a los umbrales que ocasionarían las anteriores enfermedades.

Los efectos negativos sobre los ecosistemas se presentan en la atracción de insectos voladores sobre todo en zonas rurales o espacios con mucha vegetación, que interrumpen la reproducción, polinización y la cadena alimenticia. (Assaf, et al, 2002).

### **Contaminación lumínica**

Los anteriores efectos contaminantes provocados por los sistemas de iluminación artificial, al igual que muchos otros, se relacionan con algo sucio, de mal aspecto o mal olor en el agua, el suelo o el aire. Este tipo de contaminación, ha sido tratado ampliamente por los ambientalistas tradicionales, al igual que tienen una amplia legislación incluso a nivel mundial, pero en los últimos tiempos, con el desarrollo industrial y el crecimiento de grandes ciudades, aparece un nuevo tipo que físicamente no es detectable a primera vista, este es la contaminación acústica y la contaminación lumínica.

La luz puede constituirse en contaminante del medio ambiente, independiente de su magnitud, si se orienta a sitios donde no es requerida ó en cantidad superior a la necesaria, (sería una



polución ya que altera medioambiente y calidad de vida), pero generalmente pasa desapercibida para la gran mayoría de población que asocia la iluminación con progreso, seguridad, bienestar y considera la oscuridad como todo lo contrario sin pensar que hay otras maneras de conseguir este bienestar minimizando los perjuicios causados.

La polución luminosa o contaminación lumínica se manifiesta de diversas formas, las cuales podemos dividir en las siguientes categorías: (Assaf, et al, 2002).

La intrusión lumínica, luz intrusa o Distracción visual, son provocados por luz dispersa a la cual los perjudicados no pueden ejercer ningún control, como el haz de luz de alumbrado público que ingresa por las ventanas, los letreros luminosos que tratan de llamar la atención y los reflectores que tratan de “dar seguridad” a diversos sitios. Las consecuencias son la desorientación visual de conductores, impedimento del descanso, pérdida de privacidad y deterioro del paisaje nocturno.

Disconfort visual o Deslumbramiento, son brillos intensos o altos contrastes de luminancia en el campo visual que dificultan o imposibilitan la visión, producen fatiga y en muchos casos se presenta disminución del desempeño en tareas visuales. Este fenómeno ha sido muy estudiado tanto en iluminación interior como exterior. (Cabello & Kirschbaum, 2001)

Velo astronómico, es la emisión de luz hacia el cielo que se origina directamente por radiación de luz en el hemisferio superior de la luminarias o artefactos lumínicos, e indirectamente por la reflexión de la luz en las superficies iluminadas, que se difunden en la atmósfera hacia el firmamento causando el resplandor del cielo nocturno, privándonos de la visión de las estrellas y aislándonos del universo, por consiguiente deducimos que la astronomía es una de las ciencias mas perjudicadas con este fenómeno.

### **Definiciones** (Herranz, 2002:28-29)

La contaminación lumínica es definida de múltiples formas: “Efectos de la difusión en la atmósfera nocturna de la luz producida por fuentes artificiales”, esta definición es utilizada hace varias décadas, principalmente en referencia a la astronomía. “Toda alteración innecesaria, debida a fuentes artificiales de luz, de las condiciones naturales de luminosidad existentes de noche en ambientes exteriores”, definición más general y actual. “La emisión de

flujo luminoso de fuentes artificiales nocturnas en intensidades, direcciones o rangos espectrales innecesarios para la realización de las actividades previstas en la zona en que se han instalado las luminarias”, es una definición más reciente de carácter legal.

## **Fuentes**

Generalmente se identifica el alumbrado público como única fuentes de contaminación lumínica, pero este solo representa entre un tercio y la mitad de los causantes de ella, existiendo otros tipos de luces parasitas, como: (Herranz, 2002)

-Alumbrado público urbano (calles, parques plazas, jardines, escenarios deportivos, parqueaderos).

-Iluminación privada de exteriores (letreros, anuncios, cañones de luz, edificios, universidades).

-Iluminación ornamental de lugares emblemáticos (edificios, monumentos, fuentes, árboles).

-Vías de comunicación de gran capacidad, sus glorietas, áreas de servicios, estacionamientos y peajes.

-Zonas industriales y comerciales.

-Aeropuertos, puertos y estaciones de ferrocarril.

-Iluminación de obras en construcción.

-Iluminación de interiores que escapan al exterior.

## **Alteraciones y perturbaciones**

La visión del firmamento está anulada por la luz artificial emanada de las grandes urbes, por lo que la vía láctea es hoy en día invisible para la mayor parte de la humanidad por lo que se ha perdido el legado cultural y emocional que han tenido las antiguas generaciones.

Debido a la contaminación lumínica, se está perdiendo parte de la historia, y el incentivo que el firmamento y la astronomía tiene para la cultura, el paisaje, la ciencia, la filosofía, la religión y la visión que del mundo hemos tenido desde tiempos remotos (Gortazar, 2007).

Sus efectos negativos traspasan las fronteras regionales y nacionales, por ejemplo el 66% de la población mundial y el 99% de la población de los Estados Unidos y de Europa, viven en áreas donde según los estándares astronómicos el cielo nocturno ha dejado de ser puro (cuando se supera el 10% de la luminosidad natural de la noche), inclusive la visibilidad sin instrumentos de la vía Láctea se perdió en la quinta parte de la población mundial, las dos terceras partes de la población de los Estados Unidos y en la mitad de la población europea (Herranz 2002).

El hecho de observar los fenómenos del firmamento y su relación con la humanidad, dio origen al razonamiento científico, al pensamiento filosófico y religioso al igual que influyó en la literatura y el arte (Herranz 2002).

En cuanto al ser humano, y su relación salud y medio ambiente, debido a este fenómeno, puede presentar molestias y dificultades de visión, fatiga mental y fisiológica, alteraciones del sueño, trastornos en el reloj biológico, falsa sensación de seguridad, pérdida de privacidad, invasión de insectos, pérdida de serenidad y armonía en el contacto con la naturaleza.

Igualmente otros seres vivos, se ven perturbados debido a que la luz es un parámetro fundamental de la vida donde juega un papel informativo (alteración día-noche) y energético (fotosíntesis y calor).

Gran cantidad de insectos se ven atrapados girando alrededor de las luminarias, impidiendo su alimentación y apareamiento y muriendo por calor o choques, y por consiguiente destruyendo en gran parte la pirámide alimenticia de otros seres como pájaros, murciélagos y anfibios. (Herranz 2002).

### **Caracterización y Modelos** (Cabello & Kirschbaum, 2001)

No es fácil caracterizar la cantidad de polución de una ciudad debido a la diferencia de sus características, a su estacionalidad, a su smog entre otros por lo que para obtener una correcta caracterización de la polución urbana se debe:

Establecer un modelo matemático propio que tenga en cuenta coeficientes de dispersión y absorción de la atmósfera según la estación, la reflexión y dispersión de pisos, andenes, fachadas y follajes, y el tipo y la cantidad de luminarias existentes de alumbrado público.

Definir un coeficiente de influencia de otras iluminaciones como la comercial, la publicitaria, la deportiva.

Determinar otro coeficiente que relacione la influencia de todas las anteriores en presencia de cambios climáticos como lluvia, niebla o nieve.

Para esto se tienen como base algunos modelos ha saber:

Formula empírica de Treanor

$$P=L(r) / L_N = (A/r + B/r^2) \cdot \exp(-k \cdot r)$$

Donde:

$L(r)$  : luminancia del cielo en el zenit, por encima del observador, debida a la luz de una ciudad distante  $r$  (km),

$L_N$  : luminancia natural del cielo, sin influencia de la luz urbana,

$A, B$  : constantes derivadas de la observación de ciudades italianas, siendo estas constantes proporcionales a la cantidad de pobladores de la ciudad, según ls siguientes relaciones:

$$A = 1,8 \times 10^{-5} \cdot p \quad B = 13,6 \times 10^{-5} \cdot p \quad k = 0.026$$

$P$  : población de la ciudad en numero de habitantes,

$R$  : distancia de la ciudad al punto de observación, en (km).

Formula empírica de Walker

$$P=L'(r) / L'_N = C \cdot r^{-2.5}$$

Donde:

$L'(r)$  : luminancia del cielo medida a un ángulo de  $45^\circ$  por sobre la horizontal, en la dirección azimutal de una ciudad ubicada a una distancia  $r$  (Km.) del observador,

$L'_N$  : luminancia natural del cielo en la misma dirección.

$$C = 0.01 \cdot p$$

Formula empírica de Walter particularizada por Schreuder

$$\text{Log } P = -4.7 - 2.5 \log r + \log \phi$$

Donde:

P : relación  $L'(r) / L'_N$

$\phi$  : flujo luminoso total del alumbrado exterior de la urbe, en (lm).

Modelo adoptado en España:

$$P_i = c_i \cdot \phi'_i / (3.5 \times 10^5) \cdot r_i^{-1.1} \cdot \exp(-0.07 r_i)$$

Donde:

$$P = L'(r) / L'_N$$

$$\phi'_i = 6.25 \cdot (\phi'_{ui} + \phi'_{di} \cdot R_i),$$

$$c_i = 1(\text{VpHg}); c_i = 0.66 (\text{VpNaAP}); c_i = 0.33 (\text{VpNaBP});$$

$\phi'_{ui}$  : flujo promedio hacia arriba

$\phi'_{di}$  : flujo promedio hacia abajo

$R_i$  : factor de reflexión promedio del suelo de la ciudad.

Basado en estos modelos se deberá elaborar un método que además introduzca factores de ponderación según la capacidad de transmisión y dispersión de luz en medios turbios, las características de reflexión y dispersión del recinto urbano, del control óptico de la luz emitida, del tipo y cantidad de la fuente luminosa utilizada, de la cantidad de flujo luminoso emitido y reflejado por encima del plano horizontal, del tipo de material y el área expuesta a la iluminación artificial de una ciudad y de la dispersión por contaminación ambiental.

Luego de obtener un modelo matemático, procedemos a realizar mediciones periódicas por un periodo de dos años con el fin de garantizar la estandarización de los resultados con las variaciones por estacionalidad y cambios climáticos. (Cabello & Kirschbaum, 2001)

Posteriormente se debe establecer un plan de mediciones de las magnitudes fotométricas más relevantes como la iluminación vertical.

Se debe presentar la relación entre la cuantificación de la contaminación lumínica y sus efectos negativos sobre la biodiversidad y el medio ambiente.

Debe complementarse con datos de eficiencia en la iluminación (lumen/Watt) o del color (Luz visible).

### **Reducción**

Los procedimientos para reducir la contaminación lumínica, deben tener unos límites máximos de emisión de luz hacia el hemisferio superior, y estos dependen de los flujos nominales, del tipo de alumbrado y de los horarios de uso. (Herranz, 2002)

Teniendo en cuenta que los fenómenos de dispersión y reflexión son difíciles de controlar por sí solos, lo único razonable que se puede hacer es una adecuada emisión del haz de luz para reducir sus efectos.

Para la luz difundida directamente hacia arriba, se deben utilizar luminarias que una vez instaladas no emitan luz sobre el plano horizontal, utilizando variadas soluciones de diseño que deben ser verificadas en laboratorio antes de su instalación, aunque las curvas fotométricas que dan los fabricantes, no se extienden para ángulos mayores a 90 grados con la vertical. Si consideramos pequeña la cantidad de luz emitida sobre la horizontal por una luminaria, debemos saber que un sistema consta de cientos o miles de aparatos iguales que en sumatoria producen una cantidad considerable de luz contaminante y de energía perdida.

En la práctica se deben cumplir estas tres condiciones para las luminarias, primero que la bombilla esté alojada completamente en el interior del sistema óptico, segundo que el cierre inferior de la luminaria en caso de tenerlo, sea totalmente plano y tercero que el conjunto se instale en una posición de funcionamiento, tal que dicho cierre quede totalmente horizontal, y en caso de instalarse en posición inclinada, deberá poseer rejilla o pantalla que redirijan el haz de luz hacia abajo.

Para evitar o disminuir el deslumbramiento y la luz intrusa se debe limitar el haz de luz por debajo de los 90 grados (incluso por encima de 65 o 70 grados, se considera como flujo deslumbrante e inútil).

Se deben manejar desde la legislación, como otros tipos de contaminación, para lo cual se requiere determinar que punto medible de emisiones se pueden tolerar, establecer direcciones y niveles máximos de iluminación, al igual que rangos espectrales y horarios de uso.

De todas formas es necesario no superar los niveles recomendados para cada tipo de iluminación de acuerdo al sitio y a la actividad, ya que esto crea una inconformidad de otros sectores que crea un efecto domino aumentando ostensiblemente los niveles de iluminación y por ende la contaminación visual y el consumo innecesario de energía, lo que se debe pretender es lograr niveles de uniformidad en la iluminación. (Herranz, 2002)

Para otros tipos de iluminación como la ornamental, comercial, de publicidad entre otras, debe cambiarse la tendencia de iluminar hacia arriba y transformarse en iluminación por debajo de la horizontal e igualmente deberán ser apagadas en el horario que se considere no sea necesaria.

En general se deben tener en cuenta las consideraciones ambientales y de uso racional de energía para la aprobación de cualquier tipo de proyecto de iluminación.

## **Normas**

Luego de conocer los efectos de la polución lumínica urbana, sus causas y efectos nocivos, ver la necesidad de establecer un plan de medición a través de varios modelos matemáticos, se observa la posibilidad y necesidad de crear leyes y normas que regulen el tema para lograr mediante normatividad el control de esta contaminación.

Aunque efectivamente no se puede evitar totalmente el velo astronómico, ya se han elaborado guías para la reducción del resplandor luminoso nocturno, y se han dictado normas en varios países europeos, en Chile y en muchas ciudades del mundo para reducir la polución luminosa (Assaf, et al, 2002).

Se debe llevar a cabo un diagnóstico multidisciplinario que evalúe el alcance y las consecuencias de la contaminación lumínica, que lleve a las autoridades a regular los sistemas de iluminación artificial, uniendo iniciativas para el control de la contaminación lumínica y las actividades de ahorro energético y de protección ambiental.

Luego de verificar como el aumento de las instalaciones de alumbrado agrava el problema de la emisión inadecuada de luz, perjudicando a la calidad ambiental y a la biodiversidad, malgastando energía y obstruyendo la visión del firmamento, se debe asumir el compromiso de corregir y prevenir estos perjuicios y por lo tanto deben ser incluidas como leyes de derecho ambiental.

Para defender este derecho al cielo nocturno, sobre todo en sitios privilegiados del planeta como el norte de Chile, la islas Canarias en España, Hawaii en USA y otros, se están promulgando Normas con el fin de conservar la pureza del cielo, pero aún son leyes regionales.

Se debe mostrar la necesidad de apagar la luz artificial innecesaria provocada por las actividades humanas, para encender el cielo y mantener la oscuridad de la noche para el mantenimiento de la biodiversidad, la calidad de vida y el derecho universal a la observación de las estrellas.

“Los participantes en la conferencia internacional en defensa de la calidad del cielo nocturno y el derecho a observar las estrellas. (Declaración de la Palma)” (Gortazar, 2007:44), luego de analizar los antecedentes expuestos por las organizaciones participantes, instan a la comunidad internacional, a los gobiernos, a las instituciones, al mundo de la ciencia y la cultura, y al público en general a adoptar estos principios, los cuales deberían ser reglamentadas por cada gobierno: (Gortazar, 2007)

1. Derecho a un cielo nocturno no contaminado.
2. Conservación del patrimonio natural y cultural asociado al firmamento.
3. Incluir en la educación la difusión de la astronomía así como los valores científicos y culturales asociados a la contemplación del firmamento.
4. El control de la contaminación lumínica debe ser un requisito básico de las políticas de conservación de la naturaleza.



5. Como la noche estrellada hace parte del paisaje, se deben incorporar normas que garanticen el derecho de todos a la contemplación del firmamento.
6. Promover el uso inteligente de la iluminación de modo que se reduzca al mínimo el resplandor que se produce en el cielo.
7. Extremar las medidas para la protección de la calidad de los cielos, en los ámbitos privilegiados para la observación astronómica.
8. Fomentar el turismo con relación a la observación del firmamento.
9. Los sitios con valores excepcionales paisajísticos o naturales dependientes de la calidad del cielo, están llamados a integrar la protección de los cielos limpios.
10. Deberán ponerse en práctica todas las medidas necesarias con el fin de informar y sensibilizar al conjunto de implicados en la protección del medio ambiente nocturno, ya sea a nivel local, nacional, regional o internacional, sobre el contenido y los objetivos de la Conferencia Internacional en Defensa de la Calidad del Cielo Nocturno y el Derecho a Observar las Estrellas celebrada en la isla de la Palma.

## **Conclusiones y Recomendaciones**

En conclusión, para disminuir el impacto ambiental de los sistemas de iluminación, se deben aplicar medidas hacia el futuro como apostarle al uso de energías renovables, ya que estas no contaminan o lo hacen en menor proporción, y contribuyen a la economía de países importadores de petróleo, gas y carbón, que generan un gran déficit económico.

En relación a los desechos tóxicos producidos por los elementos retirados de los sistemas de iluminación, se deben evitar los más nocivos para el medio ambiente, principalmente las bombillas de mercurio, remplazándolas por otras menos contaminantes como las de sodio.

Para el caso de la contaminación lumínica, si bien el brillo del cielo nocturno se debe a cuatro factores, FACTOR ATMOSFÉRICO por emisión molecular, FACTOR GEOLÓGICO por erupciones volcánicas y comportamiento del campo magnético terrestre, FACTORES ESTELARES como la luz galáctica difusa y FACTORES HUMANOS como la polución lumínica debido a la cantidad y mal diseño de la iluminación artificial, solo nos queda contribuir con controlar y minimizar esta última, para lo cual, aparte de las medidas anotadas

anteriormente, se debe sensibilizar a los profesionales de la iluminación para que sus diseños tengan en cuenta la problemática de dicha contaminación, y que sus proyectos sean técnica, ambiental y económicamente correctos, con alternativas eficientes y ahorrativas, y creen y difundan estándares para lograr una correcta iluminación.

Esta sensibilización debe ser extendida a los responsables municipales del alumbrado para que tomen conciencia ambiental y adopten medidas tendientes a racionalizar tanto el alumbrado público como las iluminaciones exteriores privadas, mediante sensibilización ciudadana y normas gubernamentales.

Y lo mas importante es crear conciencia hacia el futuro entre niños y jóvenes haciendo campañas en colegios, instituciones y medios de comunicación, sobre los perjuicios para la salud, los ecosistemas, la ciencia, la cultura, etc., debido al incremento de esta contaminación, que aparentemente pasa desapercibida para la mayoría de los ciudadanos.

Esta divulgación debe lograr a mediano plazo, una opinión ciudadana favorable a minimizar la contaminación lumínica, un freno al crecimiento de esta, y una mejora general de la conciencia de sostenibilidad y respeto a la naturaleza.

Un manejo eficiente de las luminarias tanto públicas como privadas, permiten una pronta recuperación de la inversión y un ahorro de energía y dinero, y ayuda a preservar el patrimonio natural.

Una iluminación correcta no significa disminución de esta, significa optimización, ya que debe cumplir con los requisitos del sitio a iluminar pero a la vez elimina la cantidad de luz y por ende de energía desperdiciada al estar dirigida hacia otros sitios, por lo que solo contribuiría a la contaminación lumínica con la luz reflejada por la superficie.

Finalmente, como se a argumentado anteriormente, se debe llegar a incorporar en las legislaciones ambientales de cada país, el tema de la emisión inadecuada del flujo luminoso ya que perjudica la calidad ambiental, perturba la biodiversidad, malgasta la energía eléctrica y obstruye la visión del firmamento, sin que esto implique la disminución de los niveles recomendados de iluminación.

## Referencias bibliográficas:

- Assaf, Leonardo., Dutt, Gautam. y Tanides, Carlos. (2002). Impacto Ambiental de los Sistemas de Iluminación. 1-18. Recuperado el 1 de Febrero de 2008, de <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap17.pdf>
- Cabello, Alberto J. y Kirschbaum, Carlos F.. (2001). Polución Lumínica Urbana- Libro: Manual AADL “Iluminación: Luz – Visión – Comunicación”. Tomo 2 Cap 14. 297-306. Recuperado el 1 de Febrero de 2008, de [http://www.herrera.unt.edu.ar/dllyv/publicaciones/Trabajos%20Cabello/POLUCION\\_LUMINICA\\_URBANA\\_3.pdf](http://www.herrera.unt.edu.ar/dllyv/publicaciones/Trabajos%20Cabello/POLUCION_LUMINICA_URBANA_3.pdf).
- Gortazar, Luís (2007, May.). El cielo nocturno, un nuevo valor ambiental para la conservación de las especies y de la calidad de vida: conferencia internacional en defensa de la calidad del cielo nocturno y el derecho a observar las estrellas. *Ambienta: la revista del ministerio del medio ambiente* (66), 40-46
- Herranz Dorremocha, Carlos. (2002). El Impacto Ambiental de la Iluminación nocturna artificial. 27-44. Recuperado el 1 de Febrero de 2008, de <http://www.gorosti.org/docs/gorosti1703.pdf>
- Ley 142 de 1994, Julio 11, Diario Oficial No. 41.433 de 11 de julio de 1994
- Ley 143 de 1994, Julio 11, Diario Oficial No. 41.434, de 12 de julio de 1994.
- República de Colombia. 1991. Constitución Política de Colombia. Santafé de Bogotá, Ediciones J.R. Bernal.
- UPME. Y UNAL. (2008, Marzo). Alumbrado Público Exterior. Presentaciones realizadas en la Jornada Nacional de Alumbrado Interior y Exterior, Bogotá, Colombia.