

## **CONTAMINACIÓN LUMÍNICA**

+ WILLIAM ENRIQUE CEPEDA PEÑA  
Ingeniero Geógrafo. Miembro de Número de la  
Sociedad Geográfica de Colombia.  
IV Reunión Interinstitucional de Ciencias de la Tierra  
Sociedad Geográfica de Colombia, 2002.

*"Las personas de las generaciones futuras  
tienen derecho a una Tierra indemne y no contaminada,  
incluyendo el derecho a un cielo puro."*  
**UNESCO**

### **GENERALIDADES**

En el principio dijo Dios: "...hágase la luz y la luz fue hecha...". Así se consagra el primer principio teológico de la existencia de la luz, que coincide con el primer instante físico de la creación del universo según la teoría del Big-Bang. De ahí en adelante todo continuó evolucionando a ritmo inusitado. Se formaron las estrellas y estas congregaron al rededor de sí, cuerpos menores sin luz propia a los cuales conocemos como planetas que giran sobre su propio eje, de tal manera que van alternando lapsos de tiempo con la luz que reciben de su estrella, dejando intervalos de oscuridad, le llamamos día y noche.

Durante millones de años, los seres vivientes de la Tierra han ido adaptando sus procesos biológicos de acuerdo con dos ciclos astronómicos fundamentales: la sucesión de las estaciones debido a la traslación de los planetas alrededor del sol y la alternancia día-noche. Dado que la percepción de ambos fenómenos es desigual según la latitud, las distintas especies se han acomodado a la singularidad de ambos ciclos en su hábitat.

La vida humana está ligada a este ritmo. El día lo dedica al trabajo y la actividad, la noche a descansar o a observar las maravillas de un cielo estrellado. Cualquier perturbación en alguno de ellos originaría distorsiones cuyo alcance desconocemos, pero que, con toda seguridad, ocasionarían la extinción de algunas especies y la aparición de nuevas exigencias para las demás. Con la aparición de la industrialización cambió a la sociedad. Ahora vivimos en un sistema social terriblemente complejo. Las pequeñas ciudades de entonces hoy son grandes urbes en donde se intercambian bienes y servicios para las comodidades e incomodidades de la vida moderna, esta actividad, por general, diurna ha extrapolado su influencia a la noche. Para facilitar el transporte de personas, comodidad y seguridad hemos iluminado nuestras calles, vías, casas, edificios, lugares públicos y vehículos.

En la actualidad la acción del hombre sobre el medio ambiente está generando una seria alteración en los ciclos de la naturaleza. La actividad industrial y las formas de vida, propias de las sociedades

modernas, han aumentado el consumo de energía. El consumo racional de energía es responsabilidad de cada ser humano. El modelo de consumo de energía se basa en la utilización de recursos naturales no renovables como carbón, petróleo y minerales radiactivos. Su despilfarro por parte de las sociedades "desarrolladas" agota estas fuentes energéticas privando de beneficios a la parte más desprotegida de la población. El afán de la industrialización hace que los procesos de conversión de los recursos naturales en energía, transporte y posterior consumo y generan residuos que contaminan gravemente el medio ambiente ocasionando radioactividad, lluvia ácida, contaminación de los mares, contaminación atmosférica por humos tóxicos, etc. que amenazan con alterar el equilibrio climático por emisión de CO<sup>2</sup>, efecto invernadero.

En la actualidad, el calentamiento global del planeta debido al efecto invernadero es ya una evidencia científica y sus efectos devastadores sobre el clima son crecientes: lluvias torrenciales, huracanes catastróficos, inundaciones, sequías prolongadas, deshielo de los casquetes polares, con lo cual el futuro poco alagador.

Cada intervención humana en la naturaleza provoca alteraciones al medio natural, es lo que comúnmente se denomina contaminación. Cuando hablamos de contaminación, generalmente, nos imaginamos algo sucio, de mal aspecto o mal olor en agua, suelo o aire. Pero, con el desarrollo industrial y el consiguiente aumento de población, nos enfrentamos a un tipo diferente y nuevo de contaminación, es la que no deja vestigios tan notorios como los anteriores, un tipo de contaminación cuya presencia física no es tan evidente a primera vista.

Por ejemplo, el excesivo e irresponsable uso de la energía eléctrica en el alumbrado de exteriores es la causa de una nueva agresión medioambiental que amenaza, ni más ni menos, que con eliminar la oscuridad de la noche; otra contaminación es la causada por el ruido de los autos, los trabajos en la vía, la gente conversando, etc. Estamos hablando de la contaminación lumínica y acústica. Duran mientras la fuente contaminante permanezca activa, una vez esta desaparece, los niveles de contaminación bajan. La contaminación lumínica, por ejemplo, se notará hasta que los niveles de iluminación artificial disminuyan.

### **CONTAMINACIÓN LUMÍNICA: MAL USO DE LA LUZ ARTIFICIAL**

Llamamos contaminación lumínica al brillo o resplandor del cielo nocturno, producido por la difusión de la luz artificial. Como resultado, la oscuridad de la noche disminuye y desaparece progresivamente la luz de las estrellas y de los demás astros.

La causa principal de la contaminación lumínica es, sin duda, el uso de la red eléctrica de alumbrado público que no tiene pantallas diseñadas para enviar la luz en forma dirigida a donde se necesita e impedir así su dispersión hacia el cielo, por encima del nivel del horizonte. La utilización indiscriminada de los alumbrados, sin ninguna clase de pantalla, se ha convertido en práctica habitual en las urbanizaciones construidas en los últimos años, lo que ha incrementado el problema hasta extremos que, hoy, son ya intolerables en muchas partes. La ausencia de control sobre el uso de proyectores y cañones láser con finalidades lúdico-propagandísticas, que dañan enormemente la calidad del cielo nocturno donde se instalan y la ausencia de horario de cierre de la iluminación de edificios de interés artístico, implican también una contribución importante al aumento de la contaminación.

Finalmente, la preferencia por la utilización de Lámparas de Vapor de Mercurio (LVM) en amplios sectores urbanos es también responsable del acrecentamiento de la contaminación lumínica, ya que la banda de emisión de este tipo de luz es muy ancha. Emiten, fuera del espectro visible, especialmente en las longitudes de onda del ultravioleta, que son las que más se esparcen y difunden en la atmósfera y, además, algunas de sus líneas de emisión coinciden, prácticamente, con las de las nebulosas, cosa que las hace casi o totalmente invisibles en las áreas urbanas.

La contaminación lumínica involucra cuatro problemas principales:: la intrusión o invasión lumínica, el deslumbramiento, la dispersión de luz hacia el cielo (skyglow), y el sobreconsumo de electricidad.

## **PRINCIPALES PROBLEMAS DE LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA**

### **1. Invasión Lumínica**

La luz que se escapa de su propósito original de iluminación produce la invasión lumínica. En el caso de un sistema de iluminación de vías, se desea tener toda la luz dirigida sobre la vía y no en el área adyacente. Las lámparas de baja calidad de iluminación, las que generalmente no son del tipo cut-off dejan que algo de luz caiga lejos de la vía misma, en casas, patios, antejardines, etc. Un diseño de iluminación que ha empleado una errónea distribución de luces, puede acarrear invasión de luz no deseada, la luz que entra directamente a las habitaciones por las ventanas molesta a las personas. La eliminación total es imposible porque siempre habrá un cierto porcentaje de luz reflejada en el suelo o en las paredes, cosa que es aceptable, cuestión distinta es tolerar, como inevitables, ciertos casos aberrantes de despilfarro de luz, como poner bombillas sin apantallar frente a las ventanas o iluminar fachadas con potentes focos. Los mismos problemas involucran a conductores de vehículos y aviones.

### **2. Dispersión de luz hacia el cielo**

La neblina y el cielo enrarecido potencian el efecto de dispersión lumínica hasta el extremo de formarse una capa de color gris que adopta la forma de una nube luminosa sobre las ciudades. La abundancia de partículas en suspensión aumenta la dispersión, de forma tal que cuanto más contaminado está el aire de la ciudad, tanto más intenso es el fenómeno. La expresión más evidente de esto es el característico halo luminoso que recubre las ciudades, visible a centenares de kilómetros según los casos, y las nubes refulgentes como fluorescentes. Si la luz dispersada procede de las luces del alumbrado público con un ancho espectro de emisión, el efecto es mucho peor porque las radiaciones luminosas de aquellos astros que tengan idéntica longitud de onda dejan de ser visibles y no pueden ser captadas por los aparatos de observación.

La emisión natural del cielo nocturno es cuarenta veces más brillante que las estrellas más débiles que se pueden observar con un telescopio de 4 mts. Por esta razón es vital conocer las emisiones naturales del cielo nocturno y controlar las artificiales provenientes de ciudades vecinas a los observatorios astronómicos.

Dentro de los factores que hacen que el cielo brille tenemos:

- Factores Atmosféricos: emisión molecular
- Factores Geológicos: erupciones volcánicas, comportamiento del campo magnético terrestre
- Factores Estelares: luz galáctica difusa
- Factores Humanos: polución lumínica

El cielo posee un brillo natural al que se le suma el producido por el hombre. Por esto, debe ser cuidadosa la elección de sitios para instalar observatorios astronómicos, pues el efecto de dispersión de luz en la atmósfera hace perder la potencia del telescopio, por ejemplo, un telescopio de 8 mts. reduce su poder efectivo y trabaja como uno de 5,66 metros.

Dentro del contexto de la dispersión de la luz en la atmósfera podemos hacer referencia al resplandor que se describe como la luminancia no deseada de una fuente y definida y la sensación producida en el campo visual cuando es suficientemente intensa como para causar incomodidad o empobrecimiento de la visión.

El deslumbramiento se origina cuando la luz de una fuente artificial incide directamente sobre el ojo, y es tanto más intenso cuanto más adaptada a la oscuridad esté la visión. Al ser éste un efecto indeseado, toda la luz que lo origina no se aprovecha, cosa que no sólo es un despilfarro, sino que constituye un elemento evidente de inseguridad vial y personal. En el modelo luminotécnico vigente prima el deslumbramiento porque se basa en la falsa concepción de que el exceso de luz incrementa la visibilidad y los ciudadanos, inconscientes de ello, demandan más luz a los administradores del servicio público, creyendo que su seguridad personal aumenta. Al final resulta al contrario: una persona deslumbrada carece de seguridad porque se vuelve vulnerable a las agresiones físicas al verse mermada su capacidad de respuesta en una carretera al no poder su ojo percibir los detalles inmediatos. Exceso de luz mal dirigida y buena visibilidad son términos opuestos. Podemos dividir el resplandor en:

- Resplandor Cegador. Es tan intenso que dura un tiempo apreciable después que el estímulo ha cesado y ningún objeto puede ser visto o distinguido fácilmente. Es el típico efecto experimentado cuando un conductor que se acerca olvida disminuir las luces altas de su vehículo.
- Resplandor debilitador. Conocido también como "visibilidad fantasma", es causada por el efecto de luminancia de una fuente en el interior del ojo donde los rayos de luz son dispersados o reflejados dentro del mismo reduciendo el contraste de las imágenes en la retina. Esto es análogo a lo que sucede al encender las luces en el cine, las enmascara las imagen en la pantalla. El resplandor deshabilitador puede tener serias repercusiones en un conductor ya que reduce su capacidad para distinguir los objetos en la vía. El alumbrado de carreteras representa un punto crítico en esta cuestión. Se tiende a iluminar con exceso de potencia, el mayor número posible de tramos de carretera, partiendo falsamente de que ello supone un aumento de la seguridad vial.

Habría que ver los estudios estadísticos sobre siniestros nocturnos en carreteras iluminadas y no iluminadas para poder evaluar con equidad la conveniencia de hacerlo o no. Hay algo que es evidente: los conductores corren más en los tramos iluminados y esto supone un incremento del factor de riesgo por velocidad. Por otra parte, a veces se instalan en carreteras de circulación densa y autopistas puntos de luz con luminarias incorrectamente apantalladas que deslumbran y, lamentablemente no se ve en ello un factor de inseguridad.

Nadie se preocupa tampoco del enorme deslumbramiento que originan las instalaciones privadas o públicas situadas en las inmediaciones de la carretera: campos de deportes con proyectores apuntando directamente a ella y focos exteriores de industrias o de particulares con la misma orientación inadecuada, esto es un espectáculo común en nuestras vías. El cúmulo de despropósitos de este estilo es innumerable y nadie se preocupa de informar a los instaladores de la necesidad de orientar correctamente estas luminarias.

- Resplandor molesto. Es el que produce incomodidad sin que interfiera necesariamente con la capacidad de ver. Se ha reportado que puede causar fatiga, lo que acarrearía errores al conducir, irritabilidad o malestar en general. Sus efectos son muy subjetivos y difíciles de cuantificar. El alumbrado de carreteras, por ejemplo, debería diseñarse de acuerdo con las peculiaridades de la visión nocturna, en vez de empeñarse en convertir la noche en día. Nuestro ojo ha evolucionado de tal forma que en su parte posterior, llamada retina, posee dos tipos de células especializadas en la captación de luz: unas, los conos, concentrados en la fovea, el centro de la visión, son especialmente sensibles a las longitudes de onda de la intensa luz diurna y son las responsables de la captación de los colores y de la visión directa de los objetos. Otras, denominadas bastones, actúan preferentemente en la visión nocturna y se sitúan alrededor de la fovea. Aunque ligeramente más sensibles que los conos a las longitudes de onda del color

azul, son ciegas a los demás colores, pero capaces de percibir detalles trabajando a niveles de luminosidad muy bajos, en los que los conos dejan de operar. Su sensibilidad a la luz depende de una sustancia llamada rodopsina, que las va llenando progresivamente conforme avanza el proceso de adaptación a la oscuridad, muy conocido entre los astrónomos aficionados. Al cabo de una media hora, en general, el ojo ha adquirido el límite de su capacidad de adaptación y puede ejercer sus funciones de visión nocturna a pleno rendimiento.

Todo el mundo ha experimentado lo que sucede cuando pasamos de un ámbito muy iluminado a otro totalmente oscuro: necesitamos tiempo para adaptarnos a la oscuridad y pasamos de no ver nada en absoluto a percibir, primero, formas no concretas, después formas más específicas y, finalmente, detalles menores y distintos niveles de brillo en ellos. Al estar situados los bastones en los alrededores de la retina, su máximo rendimiento se obtiene cuando observamos indirectamente los objetos, lo que se denomina visión lateral. Algo parecido sucede cuando pasamos repentinamente de la oscuridad a la luz muy intensa: quedamos deslumbrados y durante cierto tiempo no tenemos la agudeza visual necesaria para percibir los objetos con nitidez, con lo que nuestra capacidad de respuesta frente a los obstáculos se ve muy mermada hasta cuando nos adaptamos a la luz. Las dos situaciones se producen cuando salimos de un entorno urbano muy iluminado a una carretera oscura o cuando, procedentes de ella, llegamos al entorno urbano.

### **3. Sobreconsumo de electricidad**

El aumento en la generación de energía por las centrales hidroeléctricas y térmicas del país implica una mayor emisión de CO<sub>2</sub>, dióxido de carbono, a la atmósfera aumentando el problema del calentamiento global del planeta, efecto invernadero.

## **EFFECTOS NOCIVOS DE LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA**

### **1. Efectos sobre el consumo**

La contaminación lumínica repercute directamente sobre el consumo de energía eléctrica. Hay que tener en cuenta que, en una luminaria urbana, si se dibuja una línea vertical desde la bombilla hasta el suelo, sólo se aprovecha plenamente la luz que queda dentro del cono determinado por un ángulo de 70° a partir de la vertical. De los 70° hasta los 90°, es luz que tiende a deslumbrar y de los 90° a los 180° es luz absolutamente perdida. La mayoría de los focos no cuentan con pantallas que recubran totalmente la bombilla, llevan, en cambio, refractores que dispersan la luz en vez de concentrarla y su inclinación no es paralela al nivel del horizonte, en el mejor de los casos, un 22% de la luz producida no se aprovecha plenamente.

En el caso de un globo sin pantalla, la cantidad de energía desaprovechada supera el 50% del total que sale al exterior. Si, además, el cerramiento del globo es metacrilato tipo opal, el 50% de la luz producida por la bombilla no puede salir al exterior, con lo que el despilfarro energético se acrecienta, acercándose al 80% del total. La preferencia por las Lámparas de Vapor de Mercurio tiene también efectos importantes sobre el consumo ya que gastan un 70% más que las de Vapor de Sodio de Alta Presión (VSAP) y un 140% más que las de Vapor de Sodio de Baja Presión (VSBP). Además, el rendimiento que tienen disminuye a medida que envejecen: en cinco años desciende a la mitad y en diez a un tercio. El consumo, en cambio, siempre es el mismo.

### **2. Efectos ecológicos**

La producción de energía eléctrica no es un proceso limpio desde el punto de vista ecológico. Las centrales nucleares generan residuos radiactivos que es preciso tratar y almacenar y las centrales térmicas que consumen carbón o petróleo, emiten gases a la atmósfera que causan la lluvia ácida que destruye los bosques, y el CO<sub>2</sub>, dióxido de carbono, que origina el calentamiento global del

planeta, efecto invernadero. Hay que tener en cuenta los peligros suplementarios que la utilización de estos combustibles acarrea: contaminación del aire, mareas negras, riesgo de accidentes nucleares, etc. Combatir estos efectos secundarios implica una inversión económica suplementaria que incrementa el valor del recibo de la luz. Los datos de Greenpeace apuntan a que, de seguir el actual ritmo creciente del consumo energético, en el año 2020 será preciso gestionar 5.000 toneladas de residuos radiactivos de alta actividad y 243.000 mts<sup>3</sup> de residuos de baja y mediana actividad. Respecto a los cálculos de las emisiones de SO<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> en las térmicas de carbón, se calcula que con un ahorro del 30% al 50% en el consumo se evitaría emitir a la atmósfera entre 2.3 y 3.8 millones de toneladas de SO<sub>2</sub> y entre 39 y 64 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>.

El exceso de iluminación tiene también efectos negativos sobre los animales, aunque se trate de un tema sin demasiado estudio, se sabe que la alteración de la oscuridad natural de la noche tiene efectos estresantes sobre ciertas especies, produce en algunos casos cambios de conducta imprevisibles y, en otros, puede causar la muerte. Algunas especies de insectos se encuentran en franca regresión y ciertas aves mueren a causa de las instalaciones eléctricas con pantallas deficientes. Por último, cabe destacar el problema que suponen los residuos tóxicos, mercurio, estroncio, plomo, etc., generados por la eliminación de lámparas de descarga y fluorescentes, que suelen acabar en los vertederos. Según un estudio de D. Jordi Coves (Universidad Politécnica), en todo el estado español por ejemplo se botan de forma no controlada unos 800 Kg. de mercurio al año, procedente de las lámparas. Las únicas lámparas con residuos inocuos son, precisamente, las de Vapor de Sodio de Baja Presión.

### **3. Efectos sobre el ritmo biológico del hombre**

La hormona melatonina es producida por la noche y regula los ritmos circadianos, de vigilia y sueño, que se afectan por la exposición de la luz produciendo trastornos de la personalidad como insomnio, depresión y estrés. Recientes investigaciones, en los Estados Unidos han encontrado una relación directa entre ciclos circadianos anormales y cierto tipo de cáncer de seno.

### **4. Efectos económicos**

La energía desaprovechada implica, necesariamente, un gasto de difícil justificación, se paga excesivamente cara porque se malgasta mucha, además, porque con el aumento del consumo se incrementan los costes del tratamiento y almacenaje de residuos radiactivos y, también, los correspondientes a la lucha contra la lluvia ácida y la contaminación de la atmósfera. Igual pasa con aquellos efectos que, en el futuro, se derivarán del efecto invernadero, son incuantificables porque, de no remediarlo, serán catastróficos para los habitantes del planeta. Las instalaciones eléctricas envejecidas o que tienen un mantenimiento deficiente causan incremento innecesario en el consumo de electricidad que supone un costo suplementario de varios millones de dólares.

### **5. Efectos sobre la seguridad vial y ciudadana**

El exceso de iluminación y el deslumbramiento dificultan la visión de los conductores y suponen un aumento de la inseguridad vial. Por tanto, las luminarias que no recubran completamente la bombilla, tengan refractores que deslumbren o los proyectores mal orientados, instalados cerca de las carreteras, representan factores de riesgo que hay que tener en cuenta.

Las famosas "rotondas", plenamente iluminadas, que tienden a implantarse como solución más segura en los cruces, parece que no son tan seguras, según indican estudios realizados en Inglaterra: los accidentes son más frecuentes en aquellas vías que tienen un alto nivel de iluminación que en las que están moderadamente iluminadas. También, el uso excesivo de lámparas de Vapor de Mercurio en áreas urbanas no se traduce, como se piensa erróneamente, en incremento de la seguridad ciudadana.

Actualmente, un alumbrado público con luminarias bien apantalladas y bombillas de Vapor de Sodio de Baja Presión, es el sistema de iluminación del espacio público más seguro. En un barrio de la ciudad de Nueva York se experimentó un descenso del índice de criminalidad cuando cambiaron las bombillas de Vapor de Mercurio por otras de Vapor de Sodio. Se afirmó que existe la posibilidad de que la luz de las primeras fuera más estresante y potenciara la agresividad que la de las segundas.

### **DISMINUCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA: VENTAJAS, BENEFICIOS Y ACCIONES**

- Baja el consumo energético e, indirectamente, el consumo de combustibles, emisiones de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub> y otras partículas.
- Protege el medio ambiente nocturno, disminuyendo la perturbación de habitats naturales: animales, plantas y procesos ecológicos.
- Reduce el deslumbramiento a usuarios de vehículos, aumentando con ello la seguridad vial.
- Impide el deslumbramiento del tráfico aéreo y marítimo, evita molestias a los vecinos.
- Permite la observación astronómica.
- Preserva la oscuridad de la noche de acuerdo a la declaración universal de los derechos de las generaciones futuras (UNESCO).

Habría que realizar una decidida acción por suprimir en forma progresiva las Lámparas de Vapor de Mercurio (LVM) en aquellas áreas urbanas en las cuales sea posible y potenciar el uso de Lámparas de Vapor de Sodio de Baja Presión (LVSBP) en aquellos lugares en donde este tipo de bombillas resulte adecuado. Cuando esta implantación sea desaconsejable, convendría utilizar siempre Lámparas de Vapor de Sodio de Alta Presión (LVSAP).

*" En las calles de una ciudad moderna el cielo es invisible; en el campo nos desplazamos en coches provistos de potentes faros. Hemos borrado el firmamento, y sólo unos pocos científicos contemplan aun las estrellas, los planetas, los cometas y los meteoros..." Bertrand Russell*

*"No necesitamos más luz sino mejor visibilidad "*

### **BIBLIOGRAFÍA**

- \* **BREAST CÁNCER ACTION, *News letter*** No. 61 Octubre 2000.
- \* **CRAWFORD, D., *"Light Pollution: The Problem, The Solutions"***, Astronomical Society of The Pacific, Conference Series, Vol.139, Isobe & Hirayama Eds. (1998).
- \* **GUIDELINES FOR MINIMISING SKYGLOW. *A CIE Technical report***, Marzo 1995.
- \* **ISBOBE, S., *Guidelines for light pollution***, Japón 1998.
- \* **SHAFLIK, C., *"Environmental Effects of Roadway Lighting"***, Information Sheet 125, International Dark-Sky Association. (1997)

