LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA EN ASTRONOMÍA

¿QUÉ ES LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA?

Imaginemos por un instante, un grupo de seres humanos que pueda haber vivido hace miles de años, totalmente desprovisto de las comodidades que nos han brindado los avances tecnológicos. Podríamos pensar que en esa época las personas tendrían todas las desventajas frente a los actuales habitantes de la Tierra. Pero desde algún punto de vista, los verdaderos privilegiados eran ellos, ya que la luz artificial que hoy generamos los propios humanos, termina perjudicándonos al momento de querer disfrutar del majestuoso espectáculo que nos brinda el firmamento repleto de estrellas en una noche despejada.

Nosotros mismos, durante los últimos siglos hemos ido incrementando el uso de la energía para poder iluminar la superficie terrestre, pero el uso cada vez mayor de la luz generada por la especie humana, trae consigo aparejada una serie de inconvenientes. Ese conjunto de efectos indeseados de la iluminación artificial sobre el paisaje nocturno, se llama contaminación lumínica.

Cuando iluminamos nuestras ciudades o sitios en donde vivimos, estamos produciendo en cierta medida un incremento de resplandor de luz en el cielo nocturno. Por lo tanto, además de iluminar nuestras calles, nuestros parques, jardines o viviendas, también estaremos generando cierto brillo en el cielo, restándole oscuridad y por lo tanto haciendo que se pierdan de vista las estrellas más débiles. Y cuanta más luz generemos, menor será la oscuridad del cielo y por lo tanto un mayor número de estrellas se irán perdiendo de vista, debido a que la tenue luz que emiten cientos de ellas ya no hará contraste con el oscuro firmamento del cual se disfrutaba antes.

El problema es que al querer iluminar nuestros lugares donde vivimos, empleamos artefactos lumínicos que no son los correctos ni están bien diseñados, lo cual hace que en definitiva terminemos por enviar la mayor parte de nuestra energía hacia la atmósfera. Esa luz artificial mal dirigida, en lugar de iluminar nuestra ciudad, será una energía malgastada y desperdiciada ya que termina aumentando el brillo de nuestro cielo nocturno.

Imagen: Los Ángeles de noche - Aaron Logan

EL ASPECTO DEL CIELO DIURNO

Al analizar la luz visible, podemos estudiarla como una onda electromagnética, relacionada con las propiedades eléctricas y magnéticas de la materia. El parámetro que mejor la identifica es la longitud de onda (λ), definida como la distancia entre dos crestas consecutivas de una onda. La luz consiste en una serie de vibraciones que se propagan en el espacio a gran velocidad que se generan cuando una carga eléctrica es sometida a cierta aceleración.

Pero el espectro electromagnético completo no es solamente la luz visible que percibimos con nuestros ojos. Abarca ondas electromagnéticas muy diferentes longitudes de onda, desde los rayos gamma menores a los 0,02 nanómetros, hasta las ondas de radio cuyas longitudes de onda se miden en centímetros, metros y kilómetros. Existen también los rayos X, los rayos ultravioletas y los rayos infrarrojos. Todas estas radiaciones electromagnéticas permanecen invisibles para nosotros. Las únicas radiaciones para las cuales el ojo humano es sensible, son las que poseen valores de longitud de onda que oscilan entre los 400 nanómetros aproximadamente (extremo del violeta y el azul) hasta los 700 nanómetros aproximadamente (extremo del rojo).

Ahora analicemos la atmósfera terrestre. Contiene partículas de dos categorías: moléculas gaseosas y partículas en suspensión, también llamadas aerosoles. Los gases más abundantes de nuestra atmósfera son el nitrógeno (78 %) y el oxígeno (21 %). Estas moléculas de aproximadamente 0,2 nanómetros son unas mil veces menores que la longitud de onda de la luz visible. Y cuando la radiación electromagnética interacciona con partículas mucho menores que su longitud de onda, ocurre la dispersión[1] de Rayleigh (John William Strutt, conocido como Lord Rayleigh, científico británico). Así que la luz llega a los átomos, los cuales están compuestos de dos regiones: un núcleo central de carga positiva y una periferia o corteza externa de carga eléctrica negativa. El rayo de luz que incide en estas regiones pierde energía, es decir se debilita al ceder parte de su energía a la corteza atómica. Se produce una agitación u oscilación de las cargas eléctricas de la periferia y del núcleo del átomo. Eso hace que el átomo vuelva a emitir dicha energía hacia su exterior en forma de radiación electromagnética. La luz saldrá en todas direcciones, rebotando de molécula en molécula, dispersándose en el interior de toda la atmósfera.

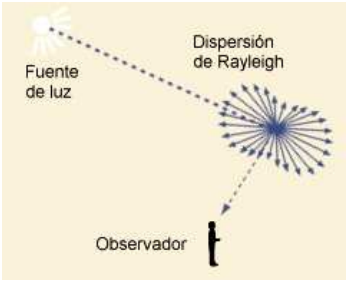


Imagen: http://notaculturaldeldia.blogspot.com.uy/

[1] La dispersión también puede ser llamada difusión o esparcimiento. En inglés se refiere como scattering.

Tal fenómeno descripto es el que le ocurre a la luz solar al propagarse en nuestra atmósfera. El dato interesante es que el disco solar visto desde el suelo terrestre, posee aproximadamente el 90 % del brillo que tendría si lo viéramos desde el espacio. Ese 10 % que pierde es el que se invierte en hacer oscilar las cargas eléctricas de los átomos y moléculas de nuestra atmósfera. Toda esa energía no queda almacenada en la atmósfera, sino que es radiada en todas direcciones en forma de onda electromagnética. Dicho proceso de captación y reemisión de energía, producido por partículas de tamaño atómico, es al cual llamamos dispersión de Rayleigh.

La intensidad de la dispersión de Rayleigh es inversamente proporcional a la cuarta potencia de la longitud de onda. Cuanto menor es λ, mayor será la dispersión de la luz en el gas de la atmósfera. Por eso puede afirmarse que la luz azul es dispersada con una intensidad cuatro veces mayor de lo que es dispersada la luz roja. La luz blanca del Sol en realidad está compuesta por todos los colores del espectro electromagnético: rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul y violeta. Dicha luz al interactuar con partículas de dimensiones atómicas, sufre en gran medida la dispersión de Rayleigh para los colores de menor longitud de onda, siendo el violeta y el azul los que se dispersan mucho. En realidad todos los colores sufren la dispersión, pero colores de mayor longitud de onda cercanos al extremo del rojo experimentan un menor grado de dispersión. En suma, toda esa luz de diferentes longitudes de onda dispersadas por la atmósfera en tal medida es lo que da como resultado el color azul del cielo que observamos desde el suelo terrestre.

El color azul del cielo que vemos, no tiene nada que ver con la composición química de la atmósfera. Si tuviéramos una atmósfera compuesta por otros gases, como por ejemplo hidrógeno o metano en lugar de nitrógeno y oxígeno, en la Tierra el cielo de todas formas igual seguiría siendo azul. Y además si el Sol no fuera una estrella amarillenta del tipo espectral G2 y fuera de cualquier otro color, siempre y cuando no fuera roja y de menor temperatura que el tipo espectral M5, el cielo desde la Tierra se seguiría viendo azul tal cual lo observamos hoy.

Pero además de ocurrir la dispersión debido a los gases que componen nuestra atmósfera, también ocurre otro fenómeno debido a las partículas suspendidas en el aire (los aerosoles). Se trata del polvo que producimos los humanos o puede ser el polvo que se halla en la naturaleza. Pueden ser también las nubes compuestas por gotas líquidas o por cristales de hielo. Se trata de partículas con tamaños similares a la longitud de onda de la luz visible. En este caso ocurre la dispersión de Mie (Gustav Mie, científico alemán) producida por partículas con tamaños similares a la longitud de onda de la luz visible o del entorno promedio de unos 500 o 600 nanómetros.

La luz incide en partículas formadas por una cifra grande de átomos y moléculas unidas, que en su conjunto son mucho más grandes que las partículas que producen la dispersión de Rayleigh. Ahora las partículas simplemente reflejan parte de la luz, y absorben otra parte. Si consideremos una región de la atmósfera donde las partículas se hallan bastante separadas entre sí, cada una de ellas se comporta como un pequeñísimo espejo. Según su composición química la cantidad de luz que reflejan será mayor o menor, y además, según el color de las sustancias que componen dichas partículas, podrá alterar el color de la luz reflejada. Se produce entonces la dispersión (o difusión,

o esparcimiento) de Mie, ya que la luz cambia de dirección reflejándose una y otra vez en las partículas de la atmósfera. En este caso, el fenómeno físico se realiza de tal forma que la luz azul tiende a dispersarse un poco más que la luz roja, podría decirse en una forma ligeramente lineal con la longitud de onda.

Es interesante notar cómo se produce la dispersión de Mie en las nubes terrestres, las cuales se componen por partículas de agua (gotitas líquidas o cristales de hielo, en ambos casos incoloros). La luz del Sol se dispersa en la nube, desviándose en todas direcciones, rebotando de gota en gota pero sin alterar su color. Las nubes son blancas porque el agua es incolora.

Otro ejemplo es el cielo de Marte, en donde se produce la dispersión de Mie de manera muy notoria. Partículas sólidas de color rojizo debido al óxido de hierro se encuentran por todo el suelo de Marte. El viento hace que se levanten y permanezcan en suspensión en el ambiente de este planeta. Dichas partículas son de mayor tamaño que los átomos y moléculas de la atmósfera, lo cual hace que la luz del Sol se disperse en ellas y como consecuencia la luz reflejada sea de color rojiza debido al característico color del polvo marciano. Así fue como las primeras imágenes que llegaron desde las sondas Viking en 1976 mostraban el típico color rojo en el cielo de Marte.

EL CIELO NOCTURNO SE VE SERIAMENTE AFECTADO

Ya analizamos los mecanismos que suceden cuando la luz solar interactúa con nuestra atmósfera durante el día. Lo bueno es que una vez que se comprenden, ya estamos en condiciones de entender también lo que ocurre con el cielo nocturno, ya que los fenómenos son similares durante el día y durante la noche. Así que la luz artificial que originamos los seres humanos también se propaga por el aire siguiendo las leyes físicas ya explicadas (dispersión de Rayleigh y dispersión de Mie). El resultado es que se perjudican las observaciones astronómicas debido al resplandor o brillo adicional que generamos en el cielo nocturno con nuestras lámparas. Si bien la observación del cielo a simple vista sufre las consecuencias de la iluminación artificial, también los estudios espectroscópicos y la fotografía astronómica se ven afectados en gran medida por la contaminación lumínica producida.

Si las lámparas que se utilizan para iluminar la ciudad tienen la particularidad de que emiten en muy pocas longitudes de onda, entonces en tal caso solamente una parte limitada del espectro se ve afectada. En el resto de las regiones podrán realizarse estudios espectroscópicos sin problema, ya que no son afectadas por la radiación de la lámpara. Sin embargo cuando se utilizan lámparas de alumbrado público cuyas líneas de emisión se ubican en regiones del espectro cuyas longitudes de onda se aproximan a las que caracterizan a los objetos del cielo de interés, en tal caso las observaciones se ven seriamente perjudicadas.

Últimamente se están utilizando cada vez más las fuentes de luz blanca, tanto para el alumbrado público como para la iluminación de los hogares, edificios y comercios, pretendiendo mejorar la estética y la eficiencia energética mientras los costos se reducen. Hay cierta diversidad en estas fuentes de luz blanca, ya que algunas radian mucha más energía que otras en las porciones azules del espectro, pero en todos los casos las líneas sobre el espectro continuo de fondo abarcan una amplia zona del espectro, dejando muy pocas posibilidades a la observación astronómica. Por ejemplo lámparas LED blancas afectan por lo que se explicaba, amplias zonas del espectro, ya que al poseer demasiada luz azul, presentan elevada dispersión en el cielo nocturno.

Si bien es cierto que existe tecnología LED con menor emisión de azul, de todas formas el uso de la luz blanca para la iluminación exterior seguirá perjudicando las observaciones astronómicas, ya que la cantidad de luz emitida al medio ambiente también aumentará.

¿Y cuál es la luz que menos afecta los estudios espectroscópicos? La respuesta la tenemos en la luz de sodio a baja presión, ya que siendo prácticamente monocromática, afecta solamente una región específica del espectro. Las luces que no son monocromáticas afectan regiones muy amplias del espectro. Por otra parte la luz amarilla y la luz anaranjada contaminan menos porque se dispersan mucho menos que la luz azul. La luz de sodio, ya sea de baja o alta presión, tiene la ventaja por ser una fuente rica en amarillo. Según los estudios, la luz de las lámparas LED blancas es dispersada por las moléculas de 1,2 a 2 veces más que la luz emitida por una lámpara de sodio.

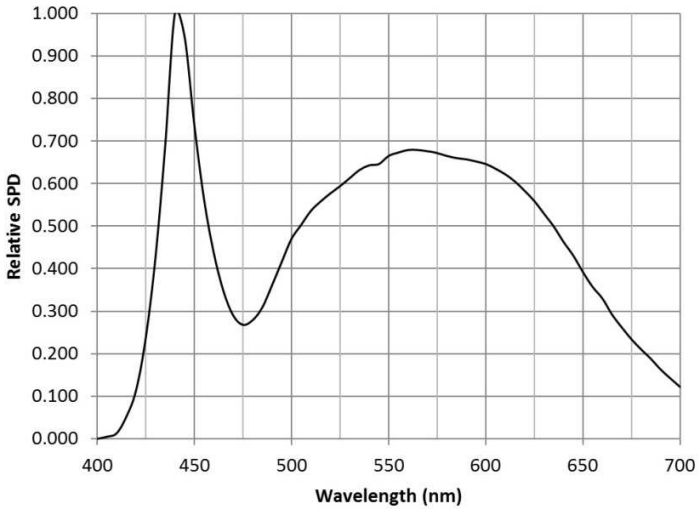


Gráfico de distribución espectral de potencia de lámparas LED blancas 5000K

En el caso de la fotografía astronómica, al tomar imágenes directas del cielo utilizando un filtro determinado, toda la luz que atraviesa el filtro queda registrada en su totalidad en conjunto, sin poderse distinguir cuáles fueron producidas por determinada longitud de onda. Por lo tanto cualquier lámpara que no sea monocromática, tiene emisión que abarca amplias regiones del espectro. Perjudica mucho entonces los estudios fotométricos con variados filtros.

ORIENTANDO ESFUERZOS A UNA SOLUCIÓN

A nivel de comunidades y en nuestro hogar es posible generar conciencia y orientar esfuerzos para un uso racional de la iluminación artificial.

- Ya sea como proyecto de Clubes de Ciencias o como acciones compartidas entre varios grupos, es posible llevar los conceptos fundamentales de este tema a los hogares y aplicar correctivos en el corto o mediano plazo.
- Cartelería informativa en los puntos de ventas de artículos de iluminación; con consejos de especialistas resulta interesante desde el punto de vista estratégico ya que se informa al usuario en el lugar donde decide la compra.
- Disminuir la cantidad de luces encendidas en nuestro hogar, a partir de medianoche.
- Reducir a la mitad la potencia de las bombillas de luz de todos los hogares y de los sitios públicos.
- Cambiar las bombillas de la casa por las de bajo consumo.
- Orientar las lámparas hacia el lugar que se quiere iluminar y utilizar la potencia necesaria.
- Apagar o reducir el alumbrado de edificios y sitios públicos en horarios innecesarios.
- Utilizar en hogares sensores de movimiento (cada vez más económicos) para activar luces solo en presencia de personas o vehículos. Con el ahorro que generan, se compensa su costo en poco tiempo.

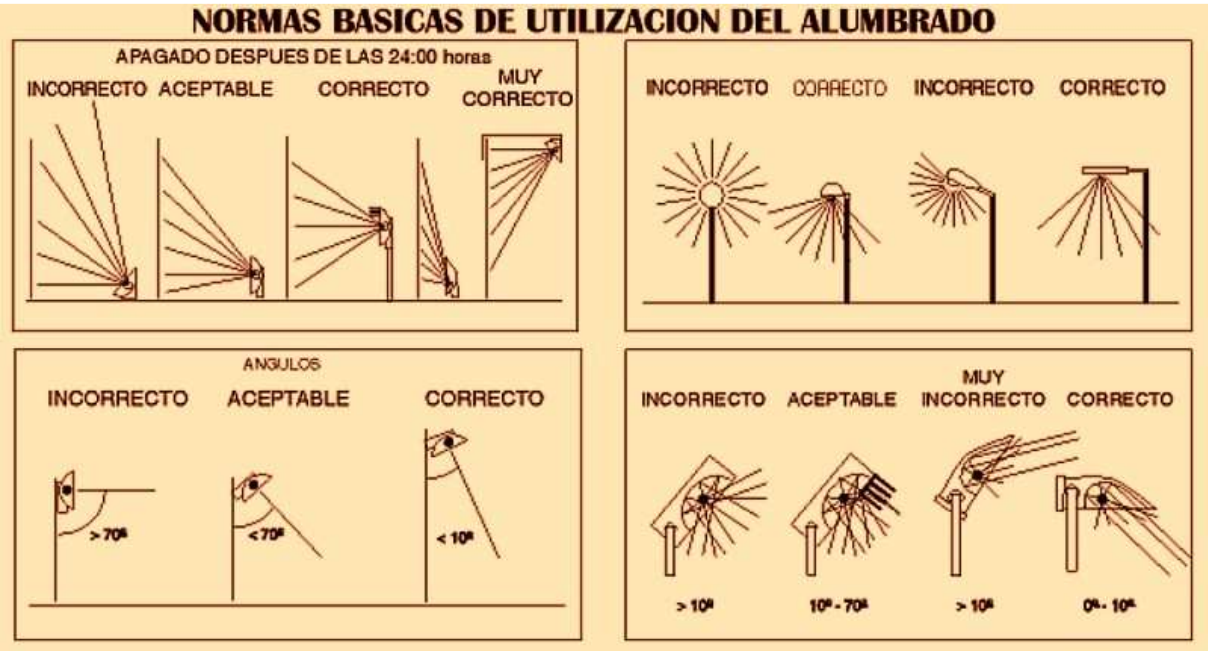
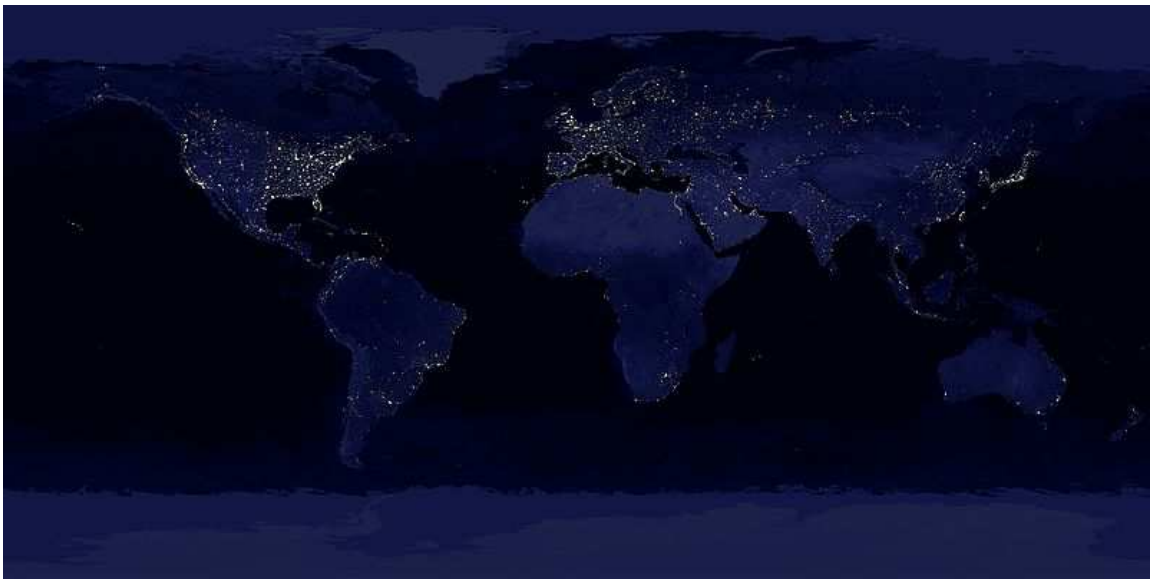


Imagen extraída de: astrogranada.org

La siguiente imagen (extraída de https://sites.google.com/site/cielouruguay/ - Calidad de cielo URUGUAY – Gabriel Otero – Raúl Salvo – Daniel Gastelú) ilustra el derroche de luz hacia el espacio.



Fuentes:

A ras de cielo (David Galadí – Enríquez)

Contaminación lumínica: la propagación de la luz en la atmósfera y sus implicaciones para la Astronomía (David Galadí – Enríquez)

International Dark - Sky Association (www.darksky.org)

https://www.youtube.com/watch?v=Tg1Xzt9h04g

Artículo creado por:

Daniel Gastelú y Héctor Roldós - Portal Uruguay Educa