

La descontaminación lumínica, una necesidad inaplazable

JOSEP M. OLLÉ

Profesor asociado de Luminotecnia de la Universidad Rovira i Virgili

La contaminación lumínica constituye una seria agresión al medio ambiente, causada por una inadecuada iluminación artificial.

En este artículo se presenta una breve evaluación del daño que puede producir la contaminación lumínica, así como los criterios básicos para la descontaminación lumínica y su posterior prevención.

Se exponen varios ejemplos de descontaminación lumínica realizados en áreas urbanas con el fin de mostrar no solo su viabilidad sino también los importantes ahorros económicos obtenidos, por lo que en estos momentos de crisis económica la descontaminación lumínica es una necesidad que no puede aplazarse por más tiempo. Finalmente se muestra una nueva fuente de luz, el LED PC-ámbar, llamada a ser un gran aliado para la descontaminación lumínica.

EVALUACIÓN DEL DAÑO QUE PUEDE PRODUCIR LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

La iluminación artificial exterior, sobre todo la pública, se ha convertido en nuestro país en uno de los mejores ejemplos de despilfarro de energía, por la forma de iluminar con unos niveles de iluminación desmesurados, innecesarios y que en nada benefician la correcta visión nocturna. Somos un país mediterráneo con una gran inculcación de la luz, y hemos querido convertir la noche en día por lo que en los años anteriores a la actual situación de crisis económica, cuando nos creíamos ricos, las instalaciones de alumbrado exterior se realizaban sobre-iluminando en exceso no solo el suelo sino también el espacio aéreo.



La consecuencia inmediata de este despilfarro de energía luminosa ha sido un incremento considerable de la contaminación lumínica y una demanda de energía eléctrica en continuo crecimiento, con las conocidas consecuencias sobre el medio ambiente: la generación de electricidad implica el consumo de combustibles fósiles con un importante aumento de los gases de efecto invernadero que nos han llevado al actual cambio climático.

Debemos dar a la contaminación lumínica la misma consideración que damos a cualquier otro tipo de contaminación: acústica, química, del aire...

Ante cualquier tipo de contaminación los pasos a seguir son:

1º- Evaluar el grado de daño producido o que puede producir la contaminación sobre el medio ambiente y sobre las personas.

2º- Minimizar los efectos negativos descontaminando la zona afectada y estableciendo los criterios para una prevención adecuada de cara a futuras actuaciones que puedan volver a contaminar.

El daño que puede producir un contaminante depende básicamente de tres factores: su toxicidad, la cantidad de contaminante presente en la zona afectada y el tiempo de permanencia del contaminante o de exposición al contaminante.

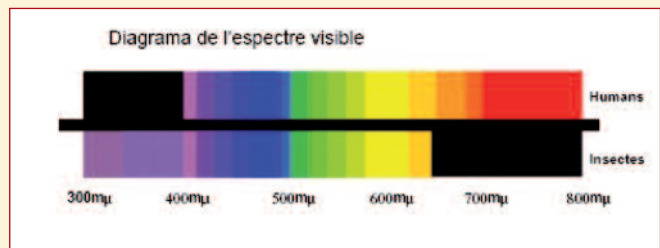
Analicemos cada uno de ellos:

LA TOXICIDAD DE LA LUZ

Cuando hablamos de contaminación lumínica nos referimos a una contaminación producida por la luz, entendiendo ésta como la radiación electromagnética que forma parte del espectro visible entre el ultravioleta y el infrarrojo y que corresponde a radiaciones con longitudes de onda entre 380 nm a 780 nm.

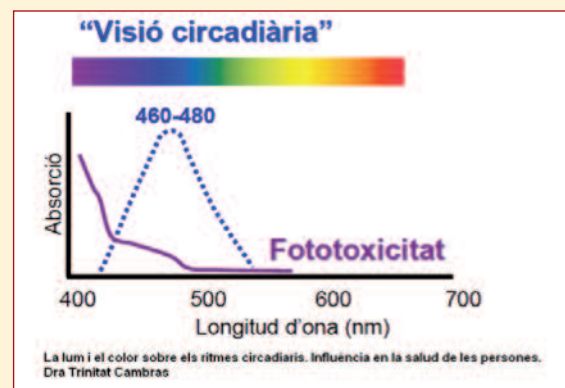
Este rango de radiación electromagnética que al incidir en nuestros ojos nos posibilita la visión presenta también una toxicidad que afecta tanto al medio ambiente como a los seres humanos ya que la luz no es inocua. Numerosos expertos nos alertan de la toxicidad de la luz y de los daños que puede producir a la fauna nocturna el uso inadecuado de la luz artificial en el medio nocturno, entre ellos destacan Alfons Dolsa y su espo-

sa M^a Teresa Albarran, entomólogos y directores del Museo de las Mariposas de Catalunya que llevan muchos años advirtiendonos de estos daños.[1] En sus artículos nos muestran una comparativa del espectro visible entre los humanos y los insectos:



El planeta Tierra al girar sobre si mismo produce ciclos día-noche, en los que pasa de estar iluminado por la luz del Sol a la oscuridad de la noche y la vida en nuestro planeta se rige por este ciclo desde hace miles de años. La gran mayoría de vida animal, fauna e insectos están adaptados para vivir en el mundo nocturno: en la oscuridad se esconden de sus depredadores, se alimentan, cazan y se reproducen.

Muchas especies son sensibles a la luz con radiaciones azuladas, en cambio no ven la luz roja, por lo que ésta no les perturba sus ciclos vitales. Diversos artículos de especialistas nos aportan datos e informaciones sobre los efectos negativos de romper el ciclo día-noche. ¿Cuántos insectos no hemos visto morir achicharrados, por su empeño en ir hacia la luz de las farolas con luz blanca de las calles? Nos remitimos, a la recopilación hecha por Cel fosc, asociación contra la contaminación lumínica [2]



Por otro lado los expertos en cronobiología, cada vez con más convicción debida a los resultados de sus investigaciones, nos alertan de los riesgos para la salud humana de la alteración de los ciclos circadianos: Se están estableciendo re-

laciones causa-efecto entre diversas afectaciones de la salud humana y la disrupción del ciclo sueño-vigila por la consecuente alteración de la segregación de la hormona melatonina que desempeña un papel fundamental en el sistema inmunológico.

Se debe evitar emitir al aire libre, luz en longitudes de onda menores de 540 nm para reducir los efectos adversos sobre la salud: disminución de la producción de melatonina y disrupción del ritmo circadiano en los seres humanos y afectación a los animales. [3]

La doctora Trinitat Cambras, del Departamento de Fisiología de la Universitat de Barcelona [4] termina sus presentaciones sobre cronobiología con una frase ilustrativa: "La luz adecuada en la hora adecuada" indicando que el problema no es tanto la luz como el mal uso que podamos hacer de ella.



Aunque no podemos obviar los efectos de la luz azulada sobre los ojos: La doctora en ciencias de la visión Celia Sánchez Ramos, directora del Departamento de Óptica II (optometría y visión), de la Universidad Complutense de Madrid, ha diseñado un nuevo filtro óptico que absorbe la luz azul y violeta, evitando así el desgaste de la retina. Explica que en la actualidad, el ser humano pasa entre 5.000 y 6.000 horas al año bajo exposición lumínica y como la esperanza de vida es cada vez mayor, el riesgo de sufrir patologías de la retina va a aumentar exponencialmente en los próximos años si no se toman medidas preventivas [5].

La revista Nature Geoscience publicó un artículo de diversos investigadores de EEUU en el que muestran cómo la intensidad de las luces de las ciudades altera la concentración de radicales de nitrato con un efecto directo en la concentración de ozono al día siguiente. [6]

Los radicales de nitrato se forman de la reacción de dióxido de nitrógeno con el ozono. Estos radicales son sumamente inestables en la luz del sol, pero aumentan durante la noche, cuando funcionan como un oxidante clave atmosférico. Durante la noche ellos reaccionan con la numerosa especie química, incluyendo compuestos volátiles orgánicos liberados por plantas y actividades humanas, y compuestos esenciales para la producción de ozono al día siguiente.

LA CANTIDAD DE CONTAMINANTE

La cantidad de contaminante, su concentración o intensidad determinan el grado de daño que éste puede producir. En el caso de la contaminación lumínica la cantidad viene determinada por el nivel de iluminación de los espacios exteriores.



La sociedad actual tiene asumido que uno de los efectos colaterales del progreso es la contaminación de todo aquello que el ser humano toca. Aceptamos unos niveles máximos de contaminación, legalmente establecidos del aire que respiramos en las ciudades, del ruido que soportamos, del agua que bebemos, de los aditivos químicos que incorpora la comida.

También deberíamos aceptar los niveles máximos de contaminación lumínica que los expertos determinen que podemos soportar sin que se produzcan daños en nuestra salud o en el medio ambiente. Sin embargo la sociedad, la española al menos, aún no está concienciada y sigue creyendo que cuanto más luz haya en las calles por la noche y cuanto más deslumbre, mejor.

Es necesario revertir esta creencia, para que sean aceptados aquellos niveles de iluminación, que los expertos de la CIE [7] consideran suficientes para garantizar una visión correcta nocturna en

las calles sin comprometer la sensación de seguridad. Estos valores están detallados en la publicación CIE 136-2000). [8]

Así se conseguiría reducir la cantidad de contaminante lumínico presente en el medio nocturno en nuestras calles, sobre todo el producido por la reflexión de la luz en los pavimentos.

EL TIEMPO DE EXPOSICIÓN

Unos niveles bajos de contaminante pero prolongados en el tiempo pueden ser tan dañinos como una elevada concentración en un corto espacio de tiempo.

Podemos limitar el tiempo de exposición a la contaminación lumínica individualmente por medio de persianas que eviten la luz intrusa en nuestro dormitorio. También, usando gafas o filtros que eliminen las radiaciones azuladas que son las más dañinas. Ya se comercializan filtros protectores de smartphones y tablets que protegen nuestra retina de dichas radiaciones [9].

A nivel colectivo la limitación del tiempo de exposición pasa por adecuar las instalaciones de alumbrado público para eliminar la luz intrusa en las ventanas de las viviendas. Sería conveniente, si la situación económica lo permite, instalar sistemas de regulación de los niveles de iluminación en función del uso de las vías a base de detectores de personas. También se deberían apagar todas aquellas luces que no son estrictamente necesarias a partir de la media noche: ornamentales, vallas luminosas publicitarias, parques y jardines que no son accesibles porque están cerrados de noche. . .

CRITERIOS BÁSICOS PARA LA DESCONTAMINACIÓN LUMÍNICA Y SU POSTERIOR PREVENCIÓN

La descontaminación lumínica y su posterior prevención deben basarse en una serie de criterios técnicos de los que destacamos, como básicos, los siguientes:

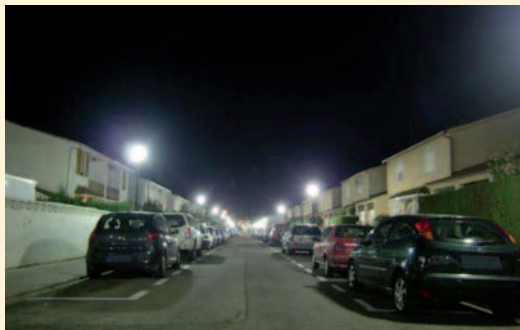
- ▶ El alumbrado público debe iluminar sólo lo que es público: el suelo de los viales y espacios de titularidad o uso público, eliminando la luz intrusa, por encima de los 4,5m en las fachadas de las viviendas.
- ▶ Tanto en espacios públicos como privados se debe iluminar con el mínimo nivel de ilumina-

El alumbrado público debe iluminar sólo lo que es público: el suelo de los viales y espacios de titularidad o uso público

ción necesario. En España disponemos del R.D. 1890/2008 Reglamento de eficiencia energética en las instalaciones de alumbrado exterior, que ya nos determina unos valores máximos en la ITC-EA-02. Pero deberían ajustarse más, según el grado de protección contra la contaminación lumínica de la zona a iluminar:

- En zonas E1 la iluminancia media en el suelo, debería ser inferior a 5 lux.
 - En zonas E2 se deberían considerar como valores máximos permitidos, los valores correspondientes a las clases de alumbrado más restrictivas para cada situación de proyecto según el R.D. 1890/2008.
 - En zonas E3 y E4 se deberían considerar como valores máximos permitidos los valores correspondientes a las clases de alumbrado indicadas para cada situación de proyecto. Pero si se utilizan lámparas con un índice de reproducción cromática de 80 o superior se deberían considerar como valores máximos permitidos los valores correspondientes a la clase de alumbrado inmediatamente inferior.
- ▶ Instalar luminarias no contaminantes con un FHSi (Flujo luminoso en el Hemisferio Superior con la luminaria en su posición de instalación) como máximo de un 1% para zonas E2, de un 2% para zonas E3y E4 y 0% en zonas E1. Pero si la luminaria está a más de 6 m. de altura, el FHSi debería ser=0% independientemente de la luminaria y de la zona donde esté situada.
 - ▶ Utilizar generadores de luz artificial que emitan una luz que no pueda causar efectos negativos: En zonas E1 y E2 solo se deben instalar lámparas de sodio de baja o alta presión o de nuevas tecnologías que tengan el mismo espectro de radiancia como los LED PC-ámbar).

EJEMPLOS DE DESCONTAMINACIÓN LUMÍNICA DE ZONAS URBANAS E3 Y E4



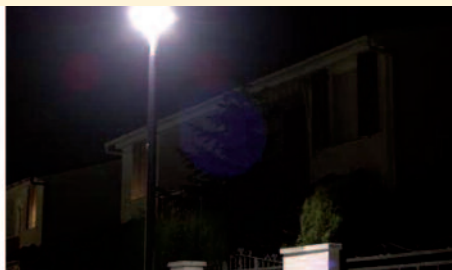
URBANIZACIÓN MAS BERTRÁN

La urbanización Mas Bertrán, es una zona residencial, que estaba iluminada con luminarias con un FHS=25% y con lámparas de 250w de Vapor de Mercurio Color Corregido con una gran contaminación como puede apreciarse en la fotografía.

Como la instalación eléctrica y las columnas de esta urbanización estaban en buen estado se procedió a sustituir solo las luminarias contaminantes por otras con un FHS = 0% que alojan en su interior dos modernas lámparas de Halogenuros Metálicos cerámicos de baja potencia: de 20w y de 35 w y 3.000K.

El ahorro obtenido con esta actuación fue de un 70,47% con un coste unitario de 769€ la inversión se recupera en 5,3 años considerando un coste de la electricidad de 0,17€/Kwh .

En las imágenes se puede apreciar la eliminación de la luz intrusa: antes con una luminaria de 250w y un FHS = 25% se midieron 30 lux en la ventana y después de la descontaminación lumínica solo 2 lux antes de la medianoche y con una luz de 3.000K con una mínima emisión por debajo de los 500nm.



PLAZA ANTONIO CORREIG

Es otra actuación de descontaminación lumínica en la que se sustituyeron las luminarias esféricas de 250 w VMCC que producían una elevada luz intrusa en las viviendas por luminarias con FHS = 0% con una lámpara de 20 w y luz cálida de 3.000K. Al eliminar por completo la contaminación lumínica y ajustar la iluminación a los límites

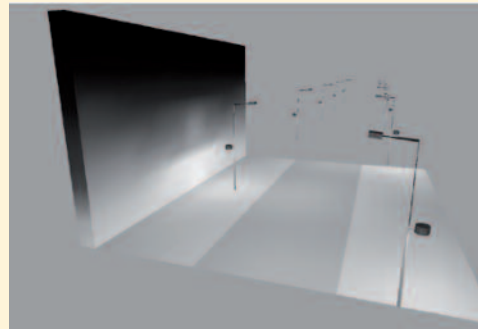


establecidos por el Reglamento se obtuvo un ahorro energético del 92% con unos resultados luminotécnicos más que satisfactorios.

AVENIDA DE LA SALLE

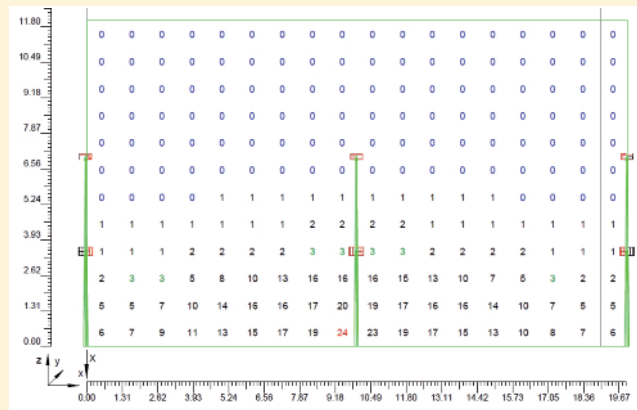


Esta avenida estaba iluminada con lámparas de 400w de Vapor de Mercurio en luminarias con reflectores asimétricos longitudinales situadas en báculos de 10 m de alto por lo que parte de la luz no llegaba al suelo por los árboles. Se sustituyeron por columnas de 7m de alto con luminarias con reflector asimétrico frontal con dos lámparas HMC 3.000K una de 30w y otra de 70w. En la fotografía siguiente se aprecia al fondo de la imagen la iluminación contaminante anterior de una parte de la avenida que aún no se ha modificado.



En la imagen lateral se muestra una simulación informática de la iluminación de la avenida de la Salle con una pared ficticia sobre la que se calcula la luz intrusa que la instalación de alumbrado va a producir.

El cálculo previo mostrado en la tabla nos indica valores de iluminancia inferiores a 1 lux en las fachadas a partir de los 4,5 m de altura, por lo que la luz artificial no afectará a los vecinos dentro de sus casas.

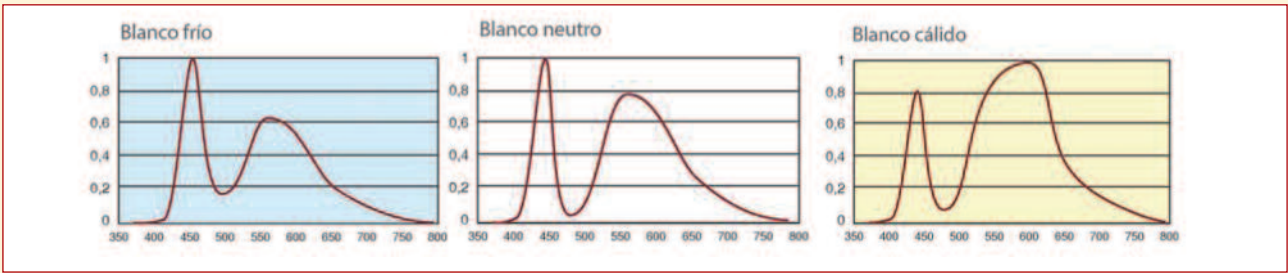


NUEVA TECNOLOGÍA PARA LA DESCONTAMINACIÓN LUMÍNICA: LED PC-ÁMBAR[10]

El uso de fuentes de luz LED para el alumbrado público es ya una realidad y con la irrupción de las ESEs en el mundo del alumbrado público ya casi no se plantea otra opción que no sea con luminarias a base de LED, debido a su larga vida útil, buen mantenimiento del flujo lumínico, gran versatilidad y adaptabilidad a todo tipo de requerimientos lumínicos.

Pero, lamentablemente, en instalaciones de alumbrado público, se han instalado LEDs de luz fría (6000K) argumentando su mayor eficacia lumínica y obviando la incidencia de la luz azulada en el medio nocturno ya sea a nivel astronómico o biológico.

Actualmente los leds de luz cálida de 3.000K ya están consiguiendo una eficacia elevada que permite su uso en alumbrado público aunque siguen con una importante emisión de radiación por debajo de los 500 nm:



En las tres gráficas anteriores comprobamos que alrededor de los 440nm, hay un pico de emisión pronunciado, dado que actualmente el LED blanco se fabrica a partir de un LED azul al que se aplican diversas capas de fósforo, con el fin de emitir luz blanca. Este pico de radiación es el que afecta tanto a la salud humana como a la fauna nocturna.

El LED, PC-Ámbar (Phosphor Converted Amber), tiene un espectro de emisión que por debajo de los 500nm la emisión de luz es prácticamente nula por lo que se reduce significativamente el nivel de contaminación luminosa a la vez que disminuye la afectación al medio nocturno y a la salud de las personas. Esto es debido a que este tipo de LED también se fabrica a partir de un LED azul, pero el tipo y cantidad de fósforo que se utiliza elimina el pico de emisión en los 440nm, manteniendo su eficacia lumínica en niveles altos (90lm/W). El índice de reproducción cromática CRI tiene un valor de 40, lo que significa una mejora del 60% respecto a las lámparas de vapor de sodio de alta presión que tienen un valor CRI de 25.

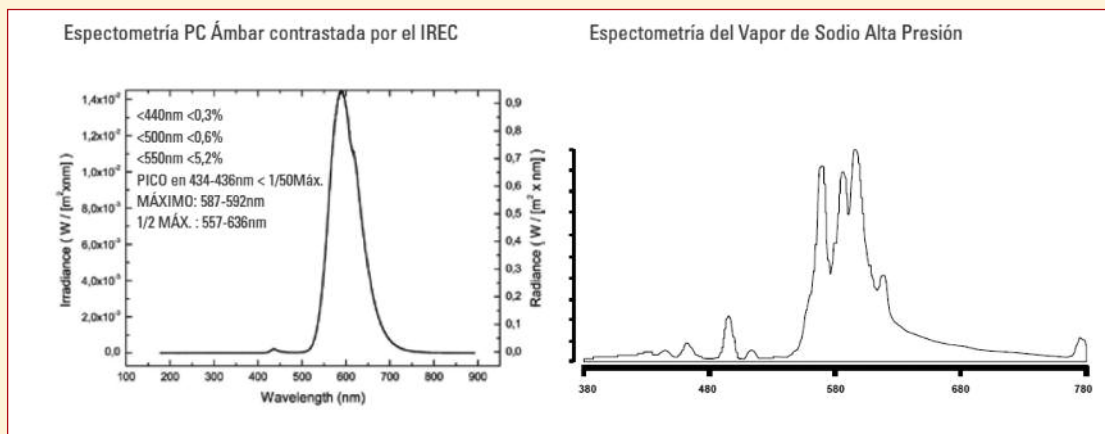
En la fotografía realizada en la población de Serinyà, por el Dr. Andreas Hänel del museo planetario de Schoelerberg, (presentada en el XIII Simposio europeo para la protección del cielo nocturno en Pamplona) se muestra una luminaria con lámpara de Vapor de Sodio de alta presión a la derecha y otra luminaria con leds PC-ámbar a la izquierda.

Vemos que la apariencia de color es muy similar, pero encima de las luminarias el Dr. Andreas nos muestra el análisis espectral de ambas fuentes de luz. Puede apreciarse la casi nula emisión de luz azulada del PC-ámbar.



A continuación se muestra el espectro lumínico del LED PC-Ámbar, donde puede apreciarse que el pico de emisión en los 440nm prácticamente desaparece por completo. Al lado se presenta el espectro lumínico de las lámparas de Vapor de Sodio de alta presión, vemos que es mucho más irregular además de tener algunos picos de emisión relativamente importantes en los 460, 495 y 780 nanómetros [11]

Otra ventaja respecto a las lámparas de menor potencia



de VSAP (50W.) o de HM (20W.) es que con las luminarias de LED PC-Ámbar la potencia puede ser inferior a 20W. Actuando sobre el driver podremos reducir aún más el consumo, para ajustar la iluminación a los niveles lumínicos requeridos. Esto nos permite dosificar la luz al valor justo y necesario para cada caso, usando además una luz prácticamente inocua.

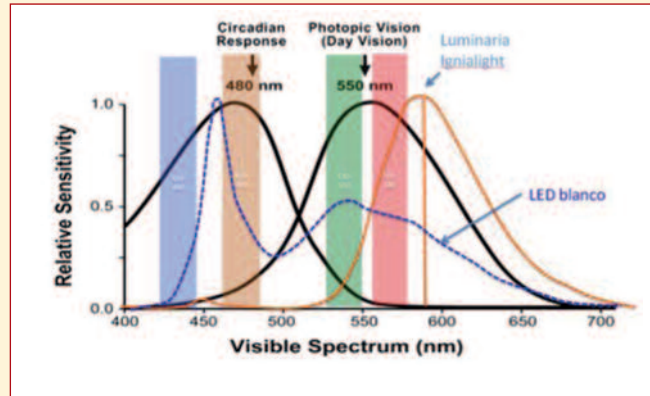


ANÁLISIS REALIZADOS

Con el fin de asegurar y certificar la idoneidad de estos PC-LEDs para su uso en alumbrado público se contactó con diversas personas y organismos de reconocido prestigio enviándoles muestras de luminarias con LED PC-Ámbar para su análisis:

- ▶ Alfons Dolsa, director del Museo de les Mariposas de Catalunya, ha realizado pruebas empíricas comparando la atracción que producen sobre los insectos luminarias equipadas con lámpara de Vapor Mercurio VMCC, de Vapor de Sodio Alta Presión VSAP y con LED PC-Ámbar. El resultado ha sido que la atracción provocada por el VSAP era un 60% inferior que la provocada por la luminaria con lámpara de VMCC, y la atracción provocada por la luminaria con LED PC-Ámbar era un 70% inferior que la provocada por el VMCC.
- ▶ Universidad de Murcia. Laboratorio de Cronobiología. El profesor Juan Antonio Madrid lidera el Laboratorio de Cronobiología CRONO-LAB [12] en el que se encuentra la Unidad de Iluminación, que dispone de espectrorradiometría para caracterizar los principales parámetros físicos de la luz y cuenta con los dos procedimientos más modernos para medir la actividad biológica de la luz en humanos: la pupilometría y la medida de la inhibición de la melatonina en saliva. La pupilometría permite valorar la respuesta del reloj biológico cerebral a cualquier tipo de luz, mientras que la medida

de la melatonina es la técnica aceptada generalmente como “gold estándar” para determinar los efectos de la luz sobre la glándula pineal y el sistema circadiano.



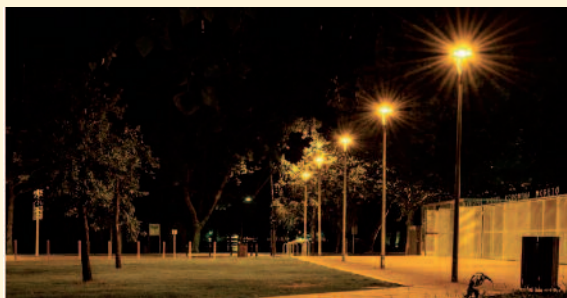
La gráfica compara el espectro de emisión de la luminaria PC-ámbar y el espectro de emisión de un LED blanco. Vemos que la luminaria con LED PC-Ámbar no emite en la zona de mayor sensibilidad circadiana, donde sí lo hace el LED blanco. Esto significa que el uso de LED PC-Ámbar para alumbrado público nocturno prácticamente no tiene efecto sobre los ciclos circadianos en el ser humano.

- ▶ El Instituto de Astrofísica de Canarias [13] es un referente a nivel europeo y mundial en lo que se refiere a la protección de Cielo Nocturno. Dispone de la Oficina Técnica para la Protección de la Calidad del Cielo (OTPC), creada para facilitar la aplicación de la Ley del Cielo, y desde la cual se analizan, homologan y certifican lámparas y luminarias para uso en entorno de especial protección del cielo por su interés natural y astronómico. Se facilitaron al IAC muestras de luminarias con LED PC-Ámbar para validar su aprobación según sus requerimientos. Al mismo tiempo y a petición del IAC, se ha procedido a realizar una certificación de radiancia espectral en el espectro visible (350-850nm).

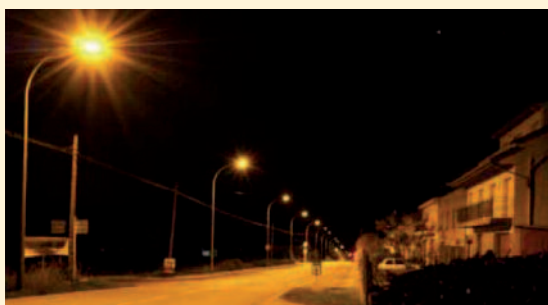
Como resultado se ha conseguido el certificado de luminaria y lámpara, validando que más del 80% de su radiancia se produce entre 550-700nm, es inferior a 0,5% entre 350-440nm, inferior al 1% entre 350-500nm e inferior al 15% entre 350-550nm, ni hay emisión singular por debajo de 500nm que sobrepase 1/50 de la emisión máxima del LED.

INSTALACIONES REALIZADAS CON LUMINARIAS IGNIALIGHT LED PC-ÁMBAR

Banyoles: luminarias LED PC-ámbar 40 w en lugar de 70 w de Sodio Alta presión



Santa Pau: luminarias PC-ámbar de 130w en lugar de 250w de Sodio alta presión.



CONCLUSIONES

Después de analizar los efectos negativos sobre el medio ambiente, los posibles daños sobre la salud humana y los importantes ahorros económicos obtenidos, no existe razón técnica que invalide los resultados, ni razón alguna que impida aplicar los criterios básicos para la descontaminación lumínica y su posterior prevención.

La descontaminación lumínica de nuestras ciudades, no solo es posible sino que es necesario realizarla cuanto antes. No se trata de dejar a oscuras las ciudades sino de iluminar solo los espacios que deben ser iluminados con la luz menos dañina posible y con los niveles de iluminación mínimos, aquellos que los expertos internacionales recomiendan como suficientes para garantizar una adecuada visión sin afectar a la sensación de seguridad. ■

REFERENCIAS

- [1] Alfons Dolsa y Teresa Barragan. www.papallones.net/download.htm
- [2] Celfosc. Asociación contra la contaminación lumínica. www.celfosc.org/biblio/bio/index.html
- [3] Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility Fabio Falchi, Pierantonio Cinzano, Christopher D. Elvidge, David M. Keith y Abraham Haim. *Journal of Environmental Management* (2011), doi: 10.1016/j.jenvman.2011.06.029
- [4] Grupo de Cronobiología del Departamento de Fisiología de la Universidad de Barcelona. www.ub.edu/web/ub/es/recerca_innovacio/recerca_a_la_UB/grups/fitxa/G/CRONOBIO/equip_investigador/index.html?
- [5] Dra Celia Sanchez-Ramos: Universidad Complutense, Madrid . www.optica.ucm.es/departamentos-centro
- [6] Luces de la ciudad y el aire urbano.H. Stark, SS Brown Wong, J.Stutz, CD. Elvidge, IB Pollack, TB Ryrson, WP Dube, NI Wagner y DD Parrish. www.nature.com/ngeo/journal/v4/n11/full/ngeo1300.html#affil-auth
- [7] CIE Commission International de l'Eclairage. www.cie.co.at/cie/
- [8] Publicación 136-2000 de la Commission International de l'Eclairage: Guia para la iluminación de zonas urbanas. www.div4.cie.co.at/?i_ca_id=587&pubid=144
- [9] Tecnología sostenible y responsable. www.reticare.com/es/
- [10] Ponencia presentada en el XXXIX Simposium Nacional de Alumbrado de Mataró. www.ceisp.com/Mataro-2013.406.0.html
- [11] IREC Institut de Recerca en Energia. www.irec.cat/index.php/es/areas-tecnologicas-y-de-investigacion/iluminacion
- [12] Universidad de Murcia. Laboratorio de Cronobiología. www.um.es/cronobio/
- [13] Instituto de Astrofísica de Canarias www.iac.es/servicios.php?op1=28