

# La iluminación cronobiológica

El desafío de una nueva era de luz y salud.

Ing. Luis Deschères  
UBA-Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Profesor Titular-Cátedra; Iluminación y Color  
Carrera de Especialización en Higiene y Seguridad en el Trabajo

Durante el siglo pasado se generó una gran proliferación de fuentes y sistemas de iluminación. El crecimiento iniciado con la Revolución industrial del siglo XIX coincidió con una transformación de las disponibilidades de energías de esa época en una nueva: "la energía eléctrica", denominada por algunos como el "hada mágica" ya que cambiaría la sociedad a niveles inimaginables... El primer impacto social fue la de transformar esa nueva energía en otra: "energía radiante visible" que históricamente llamamos "luz". La lámpara eléctrica fue la sustitución "brillante" de miles de años de luz artificial por combustión con sus respectivas incomodidades y riesgos de incendios.

Pero el siglo XXI nos proporcionaría una nueva gran sorpresa: la comprensión de que la luz no solo permite la visión. También es una señal crítica para nuestros sistemas biológicos, que afecta los ritmos circadianos, a la respuesta pupilar, al estado de alerta, y mucho más. Algunos definen este tiempo como la "era de la melanopsina" (fotopigmento ligado al efecto biológico de la luz).

Este nuevo enfoque nos lleva a repensar conscientemente y prudentemente los proyectos de iluminación. A esto se suma la tendencia actual hacia las denominadas "megaciudades". En la actualidad se reconocen 15, estando Buenos Aires ocupando el puesto 12 en el ranking mundial. Esta tendencia de migración de la población mundial de áreas rurales hacia las ciudades también significa para la sociedad mayor tiempo de nuestra vida en ámbitos interiores. La "iluminación cronobiológica" se presenta como una solución para satisfacer simultáneamente los requerimientos para una buena visión como así también nuestras necesidades biológicas y emocionales.

*La "iluminación cronobiológica" se presenta como una solución para satisfacer simultáneamente los requerimientos para una buena visión como así también nuestras necesidades biológicas y emocionales.*

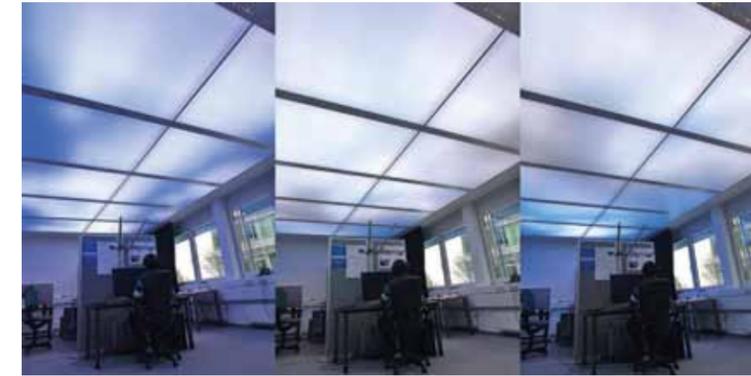


Figura 2. Sistema de cielo virtual. Fraunhofer Light Fusion Lab.

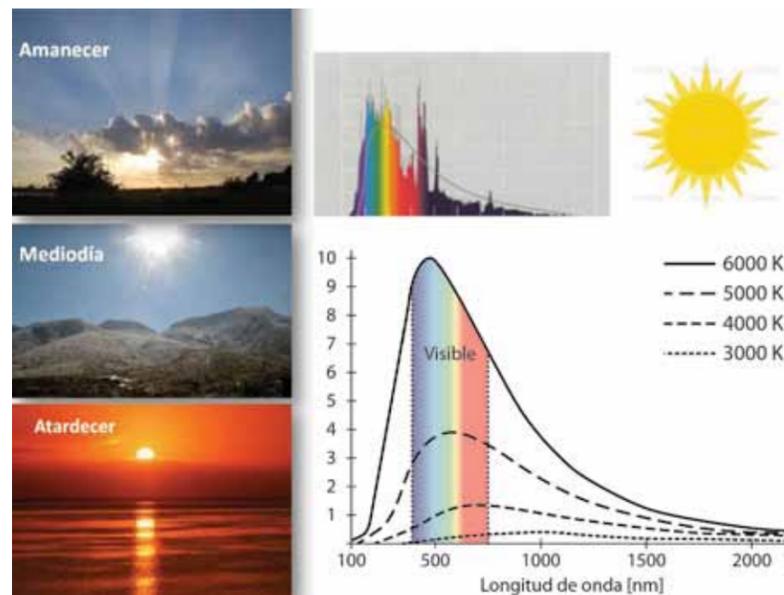


Figura 1. Distribución espectral de la luz solar. Ley de Plank. Fuente natural-Sol

## La iluminación cronobiológica

Desde la creación de la ya centenaria CIE (Comisión Internacional de Iluminación, por sus siglas en francés) como principal autoridad internacional en el campo de la luz, se fueron creando comités técnicos que trabajaron y trabajan para tratar todo lo relacionado con la ciencia y el arte de la iluminación. Bajo la guía de esta organización técnica, científica y cultural surgieron la mayoría de las recomendaciones y normas internacionales referidas al campo de la luminotecnia. En nuestro país, las normas las conocemos como IRAM-AADL.

Durante todo ese largo período, las fuentes de luz (particularmente las de descarga) evolucionaron en su composición espectral buscando la mejor eficiencia luminosa (lm/W), una mejora en la reproducción cromática y distintas temperaturas de color correlacionadas (TCC). Este último aspecto, medido en grados kelvin, se lo evaluó bajo consideraciones puramente

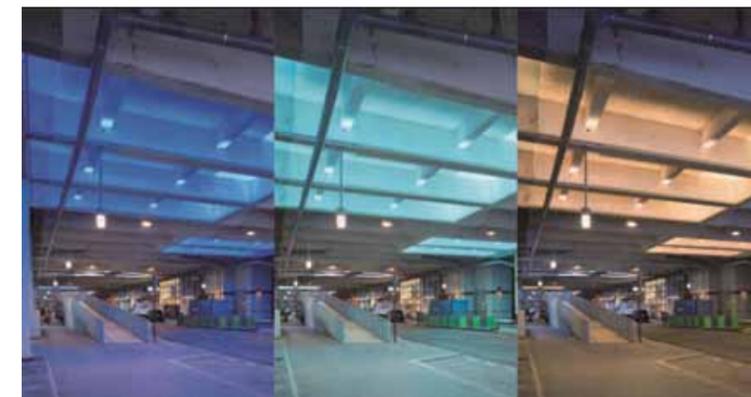


Figura 3. Iluminación cronobiológica en París, calle cubierta. Cortesía de LEC Lyon

psicológicas. Las exigencias normativas básicas para los proyectos de iluminación las podemos resumir en tres requerimientos: nivel de iluminancia mantenido (lux), índice de reproducción cromática (IRC/Ra %) y límites de deslumbramiento.

David Berson, del Departamento de Neurociencia de la Universidad de Brown (Estados Unidos), descubrió un nuevo tipo de fotorreceptores conocidos como "células retinianas" (ipRGC) o como "melanopsina" sensibles a la luz y responsables del reloj circadiano de nuestro cuerpo [1]. Estos pigmentos comparten la retina junto con los conos y bastones. Por esa razón también se los conoce como el "tercer fotorreceptor".

Durante mucho tiempo se pensó que la luz natural tenía un solo efecto y que era a nivel de la visión. Pero en realidad, esa misma luz activa otras funciones biológicas. Esta luz dinámica natural, actúa sobre nuestro reloj interno, sobre el sueño, sobre nuestro humor, sobre nuestro proceso cognitivo, sobre nuestro sistema cardiovascular, sobre la secreción de ciertas hormonas, sobre nuestro metabolismo en general. Estos efectos se complementan con los visuales (conos y bastones).

En este nuevo fotorreceptor, la temperatura de color de la fuente de luz juega un papel fundamental (sospechado pero recientemente identificado). Como ejemplo, una luz cálida es relajante mientras que una luz blanca fría es vigorizante o tonificante. Estas consideraciones científicamente demostradas no son casuales. Durante cientos de miles de años, la única fuente de luz disponible para nuestra actividad diurna fue el sol. La figura 1 representa a la luz solar manifestando sus ritmos naturales en un ciclo diario (amanecer-mediodía-atardecer). También se puede observar su espectro que, como toda fuente incandescente, cumple con la radiación de un cuerpo negro.

El ser humano del siglo XXI lleva una vida que está cada vez más alejada de los ritmos naturales. Muchas personas trabajan de noche, en turnos rotativos o en locales sin ventanas. Aunque la iluminación sea totalmente compatible con las normas, el efecto dinámico y biológico de la luz diurna ha desaparecido. Los científicos describen esta situación como "oscuridad biológica", lo que impacta en los seres humanos por la interrupción de su reloj interno. Los horarios irregulares,

las variaciones estacionales y las condiciones del alumbrado son factores que influyen en el reloj biológico interno, verdadero director de orquesta del bienestar y la salud. El trabajo nocturno o en turnos rotativos es una actividad en constante desfasaje horario. El organismo expuesto a importantes cambios de ritmo puede sufrir distintos síntomas físicos y psíquicos y un debilitamiento del sueño. La cronobiología permite lograr una buena gestión del sueño y trabajo nocturno.

Cada célula y cada órgano tiene su ritmo propio que necesita ser sincronizado periódicamente con el mundo exterior. El día y la noche proveen las señales más importantes. La cronobiología es la disciplina de la fisiología que estudia los ritmos biológicos. Son muchas las investigaciones en curso y nos indican que la tendencia será considerar la iluminación no solamente bajo el muy necesario concepto de la eficiencia energética, sino también en sus requerimientos tanto para una buena visión como para nuestras necesidades biológicas y emocionales [3]. Algunos definen este nuevo tiempo como la "era de la melanopsina" [2]. Para una amplia gama de aplicaciones, la iluminación convencional estática será reemplazada por una "iluminación cronobiológica" dinámica.

*Durante mucho tiempo se pensó que la luz natural tenía un solo efecto y que era a nivel de la visión. Pero en realidad, esa misma luz activa otras funciones biológicas.*

### La tecnología para la era de la melanopsina

En cuanto a la tecnología, el crecimiento de este nuevo concepto de iluminación cronobiológica está potenciado por la transición de la tecnología convencional hacia los led o iluminación de estado sólido. Los leds llegaron a la fama al mismo tiempo que surgía el conocimiento de la fotorreacción no visual o efecto biológico de la luz. Se trata de una tecnología que ha

llegado a su etapa de madurez como para ser considerada seriamente.

Para que veamos el potencial y los ensayos que se están llevando adelante con la tecnología led, la figura 2 nos presenta una iluminación cronobiológica impuesta en un cielorraso que imita un sistema de cielo virtual. El sistema está compuesto por paneles con 288 led cada uno (rojos, verdes, azules y blancos), producen un espectro de luz continuo y más de 16 millones de tonos. Una película mate difunde la luz. La programación de los leds simula la variación de luz que se puede experimentar sentado en el exterior bajo un cielo claro, parcialmente nublado o una simple luz blanca luminosa ambiental.

*Los horarios irregulares, las variaciones estacionales y las condiciones del alumbrado son factores que influyen en el reloj biológico interno, verdadero director de orquesta del bienestar y la salud.*

Veamos ahora otro ejemplo de iluminación cronobiológica realizado en la ciudad de París. Considerando que el alumbrado público tiene un impacto sobre el estado de los transeúntes se instaló un sistema de iluminación con luminarias con leds programadas cuyo proyecto fue concebido bajo el concepto de iluminación cronobiológica. La idea fue variar la iluminación en función del momento de la jornada para responder a las necesidades naturales. La iluminación es azul por la mañana para estimular a los transeúntes a un agradable despertar. Se transforma en azul turquesa al mediodía, cuando nos hallamos en el máximo estado dinámico. Luego pasa gradualmente al blanco cálido para favorecer el descanso.

En la figura 4, se muestra un tercer ejemplo de un estudio realizado sobre el complejo tema del jet-lag en los viajes de larga distancia. El estudio tenía como objetivo la posibilidad de controlar, con una luz



Figura 4. Estudio realizado por Airbus, Diehl, Aerospace, Bergisch University of Wuppertal, Fraunhofer Institute y Osram.

biológicamente efectiva, los estados de ánimo y las emociones de los pasajeros.

Se ha podido comprobar que, en los vuelos de larga distancia, la iluminación con leds cronobiológicamente adaptada, logra que los pasajeros se hallen más relajados y lleguen a sus destinos con un estado de ánimo mucho más activo que los que viajan con iluminación convencional.

### Conclusiones

La iluminación cronobiológica se presenta como un gran desafío tanto para los proyectistas como para la industria. Está destinada a fortalecer el bienestar, el estado de ánimo y la salud de las personas. Puede mejorar la concentración, la seguridad y la eficiencia en el lugar de trabajo o en ámbitos educativos. Puede contribuir a los procesos de curación y prevención de enfermedades crónicas en personas con tareas diarias irregulares o en hogares de ancianos. La cronobiología se interesa particularmente por el trabajo nocturno o de turnos rotativos para los cuales los ritmos biológicos constituyen un desafío primordial.

Los trabajadores nocturnos o con turnos rotativos duermen de una a cuatro horas menos que los diurnos y tienen un sueño de menor calidad. Viven importantes períodos de somnolencia en el trabajo. El 75% sufre somnolencia y un 20% se duerme. Corren el riesgo de desarrollar enfermedades más graves ligadas al desajuste del reloj interno. Están expuestos a mayores riesgos de error en el trabajo, particularmente entre las 2 y las 5 de la madrugada. Las catástrofes de Tchernobyl o la del Titanic se produjeron durante la noche debido a errores de juicio y una deuda de sueño [5].

La iluminación con leds es una tecnología de estado sólido que permite una gran flexibilidad en la producción de espectros de luz a imitación de los naturales y/o otros. A su eficacia luminosa, debe sumarse su calidad de reproducción cromática, su larga vida útil, la ausencia de mercurio por lo tanto un producto amigable con el medioambiente.

Estos “motores de luz”, como se los está denominando, son los protagonistas de los espacios y de las

“ciudades inteligentes”. Estas nuevas tecnologías están listas para cambiar la manera en que las cosas se han venido haciendo durante los últimos ochenta años. Hay que considerar que hoy las ciudades ocupan el 2% de la superficie del planeta, están habitadas por el 50% de la población mundial, consumen el 75% de la producción de energía y son responsables del 80% de las emisiones de dióxido de carbono. Entre esas ciudades, aparecen las megaciudades (más de 10 millones de habitantes). Actualmente existen ya quince megaciudades entre las cuales figura Buenos Aires y su conurbano ocupando el puesto 12 del ranking. De acuerdo a un informe [6], se estima que para el 2050, el 70% de la población mundial vivirá en áreas urbanas y el resto en áreas rurales.

Para su implementación se precisará de una acción coordinada y colaborativa por parte de todos los agentes implicados: sector público, sector privado, universidades, centros de investigación y ciudadanía. Eso involucra: personas, economía y las TIC (tecnologías de la información y comunicación). La planificación de ciudades energéticamente eficientes debe entenderse como “la utilización de menos cantidad de energía para proporcionar el mismo nivel de servicios teniendo en cuenta los aspectos económicos, sociales, sostenibilidad ecológica y el ciclo de vida de los materiales. ❖

### Referencias

- [1] Los efectos visuales y biológicos de la luz. Ing. Luis Deschères – UBA-FCEyN Megaluz N° 70-2013, Luminotecnia N°121-2014.
- [2] Measuring and using light in the melanopsin age- Robert J. Lucas, Stuart N. Peirson, David M. Berson, Timothy M. Brown, Howard M. Cooper, Charles A. Czeisler, Mariana G. Figueiro, Paul D. Gamlin, Steven W. Lockley, John B. O'Hagan, Luke L.A. Price, Ignacio Provencio, Debra J. Skene, and George C. Brainard
- [3] Human Centric Lighting: Going Beyond Energy Efficiency Lighting Europe, German Electrical and Electronic Manufacturers' Association (ZVEI) and A.T. Kearney-July 2013.
- [4] Light engines: hacia un control espectral de la luz. Dr. Josep Carreras - Jefe del Grupo de Iluminación en IREC y Presidente de la compañía LedMotive
- [5] MEDILUM-Le Travail de nuit ou travail posté.
- [6] Economic and Social Affairs of United Nations.