

EL LADO OSCURO DE LA LUZ: EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA SOBRE LA SALUD HUMANA

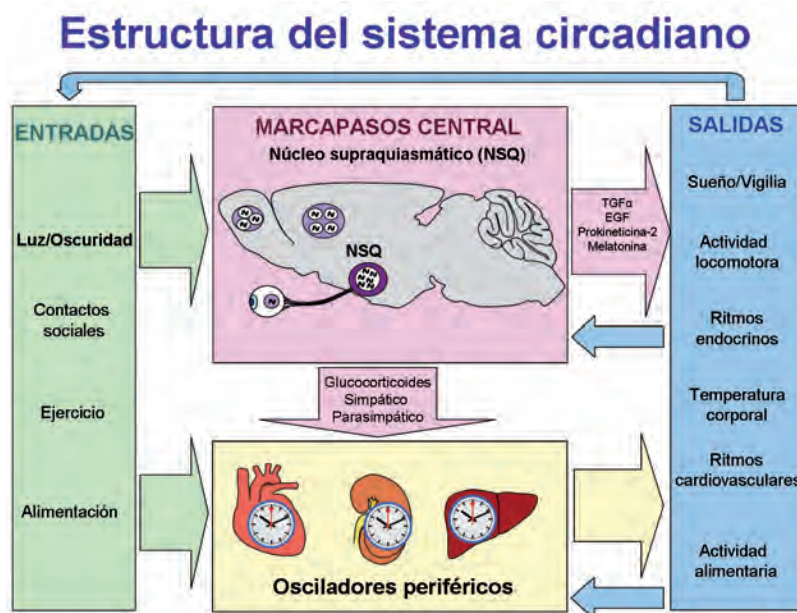
Desde que la vida se originó en nuestro planeta, se desarrolló en un entorno rítmico predecible. Así, cada forma de vida evolucionó para garantizar la coordinación temporal con su entorno cíclico, una tarea realizada gracias a la presencia de un sistema circadiano. Estos ritmos circadianos son aquellas variables de nuestro organismo que oscilan con un periodo cercano (*circa*) a las 24 horas (*diem*).

Luz y oscuridad como sincronizadores del sistema circadiano

El sistema circadiano de los mamíferos se compone de una red de estructuras, organizada jerárquicamente, responsable de la generación y sincronización de los ritmos circadianos con el medio ambiente. Esta red de estructuras está integrada por un marcapasos central, situado en el núcleo supraquiasmático (NSQ) del hipotálamo, y varios osciladores periféricos. El NSQ transmite señales temporales rítmicas a todos los órganos y tejidos a través

de mediadores humorales (entre los cuales la hormona melatonina juega un papel principal) y del sistema nervioso autónomo. Entre todas las señales ambientales, la alternancia de luz/oscuridad cada 24 horas es el sincronizador más importante del NSQ. En condiciones naturales, el NSQ se reajusta todos los días gracias a la señal luminosa que le llega a través de una vía no visual que se inicia en un subgrupo de células ganglionares de la retina que poseen un fotorpigmento, la melanopsina, que es particularmente sensible a la luz azul.

La insuficiente exposición a luz diurna y/o la excesiva exposición a luz brillante por la noche perjudican el funcionamiento del NSQ, afectando a los ritmos de cortisol y melatonina, dos de las señales humorales más importantes que transmiten la señal luminosa a los tejidos periféricos. En las sociedades modernas se están implantando jornadas de trabajo continuadas de 24 horas, hecho que se traduce en un aumento de la proporción de población que participa habitualmente en trabajo por turnos y que, en consecuencia, sufre disfunción circadiana o cronodisrupción; es decir, pérdida del orden temporal interno: los ritmos fisiológicos dejan de estar coordinados entre sí.



– Estructura del sistema circadiano en los mamíferos. Modificado de Garaulet M & Madrid JA. 2009

La melatonina, la hormona de la noche

Una de las salidas del NSQ mejor conocidas es la vía multisináptica que alcanza la glándula pineal, responsable de la síntesis de melatonina, hormona que difunde el mensaje temporal del NSQ al resto del organismo. Su síntesis está sometida a una doble regulación: por un lado a la estimulación noradrenérgica (es decir, del neurotransmisor adrenalina), por parte del NSQ que tiene lugar durante la noche; y, por otro, a la acción directa inhibitoria de la luz. Así, la producción de esta hormona muestra un marcado

La duración de la producción de melatonina está directamente relacionada con la duración de la noche

En las sociedades modernas el ciclo natural de luz/oscuridad se ha alterado por el abuso de la luz artificial durante la noche

ritmo circadiano, con valores bajos durante el día y elevados durante la noche, con independencia del carácter nocturno o diurno de los organismos, lo que ha llevado a que se la conozca como la «oscuridad química».

La gran estabilidad de su ciclo y el hecho de que su producción coincida con la oscuridad ha permitido que la melatonina sea utilizada por los organismos como un reloj diario, que les informa de la llegada de la noche, y también como un calendario que les informa del momento del año preciso en el que se encuentran. Esto último se consigue gracias a que la duración de la producción de melatonina está directamente relacionada con la duración de la noche y, por lo tanto, a medida que se extiende el periodo de oscuridad se prolonga el tiempo en el que la secreción de melatonina permanece elevada. De igual forma, un acortamiento de la fase de oscuridad supone una disminución progresiva del tiempo que los niveles de esta hormona permanecen elevados.

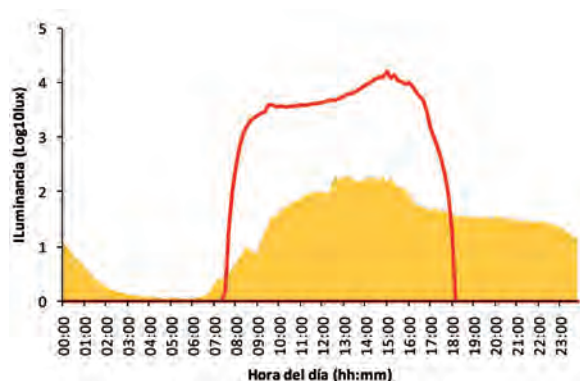
En las sociedades modernas, el ciclo natural de luz/oscuridad se ha alterado por el abuso de la luz artificial durante la noche. Una de las conse-

cuencias fisiológicas directas de la exposición a luz nocturna es la supresión de la síntesis de melatonina. La reducción en los niveles de melatonina se produce tanto por la prolongación de la luz al periodo de oscuridad natural como por exposiciones breves a la luz durante la noche. El grado de supresión vendrá definido por el momento en que tenga lugar la exposición, la duración de la misma y las características de la luz (luminosidad y longitud de onda). Las longitudes de onda que producen mayor inhibición son las que se encuentran en el rango de los 460-480 nm (luz azul). Además, el posible restablecimiento de la síntesis elevada de melatonina tras una breve exposición a la luz durante la noche parece depender del momento de la fase de oscuridad en el que se produce la exposición. Si la exposición a la luz se produce en la primera mitad de la noche, los niveles de melatonina nocturnos pueden restablecerse (en una hora tras el pulso de luz). Por el contrario, si el pulso de luz se produce en la segunda mitad del periodo de oscuridad, no se restablece la elevación de los niveles de melatonina. La intensidad también influye: en humanos, la exposición a un pulso de luz brillante de 30 minutos de

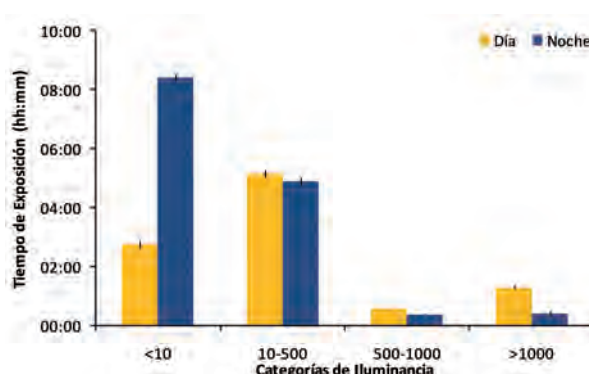
duración en mitad de la fase de oscuridad conduce a una reducción del 70% de la secreción de melatonina. Así, la exposición inadecuada a la luz durante el día y la noche contribuye a la pérdida del orden temporal interno o cronodisrupción.

Disfunción circadiana (cronodisrupción)

Existe un «precio a pagar» fisiológico por la alteración persistente del ciclo circadiano. Así por ejemplo, desplazamientos semanales de 12 horas en el ciclo de luz/oscuridad reducen significativamente la esperanza de vida media de hámsteres aquejados de miocardiopatía, lo que sugiere que la alteración de los ritmos circadianos podría incrementar aún más el desarrollo de patologías previas. En humanos, desplazar los hábitos personales hacia el modo de vida nocturna, por ocio o trabajo, se asocia a una disminución paralela en el tiempo dedicado a dormir, que ha pasado de 9 horas a principios del siglo XX a 7 horas cien años más tarde. Se estima que entre el 20-25% de la población trabaja en turnos y la proporción va en aumento. Estudios epidemiológicos muestran una relación estadísticamente signifi-

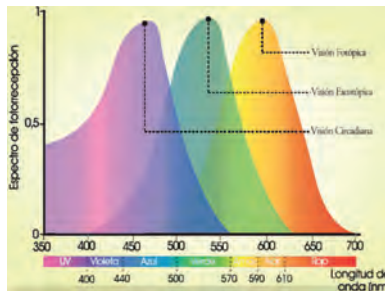


– Gráfica que representa el patrón de iluminación circadiano que recibe una población de ancianos de Toledo. La línea roja indica el fotoperiodo natural. Podemos comprobar cómo falta exposición a luz brillante durante el día y, en cambio, se mantienen niveles elevados de iluminación durante la noche



– Niveles de iluminación correspondientes a jóvenes de la Región de Murcia. Se observa cómo, de nuevo, se pasa muchas horas con baja iluminación ambiental durante el día (menos de 10 luxes) y casi 30 minutos con altos niveles de iluminación durante la noche (más de 1000 luxes)

La exposición inadecuada a la luz durante el día y la noche contribuye a la pérdida del orden temporal interno o cronodisrupción



– Espectro de fotorrecepción en donde pueden observarse, de derecha a izquierda, los máximos correspondientes a la visión fotópica (de día), escotópica (de noche) y el máximo de excitación para las células ganglionares de la retina, que envía la información al sistema circadiano

cativa entre la cronodisrupción y el aumento en la incidencia del síndrome metabólico, de las enfermedades cardiovasculares, deterioro cognitivo, trastornos afectivos y envejecimiento acelerado.

Es más, cada vez existen más evidencias en la literatura científica que vinculan la exposición a luz por

la noche (*light at night* o LAN) con un aumento del riesgo de padecer determinados tipos de cáncer como el de mama, próstata y colorrectal. Si bien los estudios epidemiológicos son por el momento asociativos y no indican causalidad, recientemente la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer ha concluido que el trabajo a turnos que implique disrupción circadiana es, probablemente, carcinogénico en humanos. Esta misma agencia, en una nota de prensa, reivindica la «necesidad de más estudios para evaluar los posibles riesgos potenciales de la luz nocturna en otros tipos de cáncer».

Conclusiones

Para mantener una buena salud es necesario que el sistema circadiano funcione correctamente. La luz es el principal sincronizador del sistema circadiano y, por tanto, es importante que el día sea *día* y la noche sea *noche*, lo que implica exponerse a

luz brillante (que no tomar el sol) durante el día y hacer un uso adecuado de la iluminación en el interior de los edificios, teniendo en cuenta tanto la intensidad como su espectro. En cuanto a la iluminación nocturna en exteriores habría que recomendar aquellas lámparas en cuyo espectro se encuentre reducida la banda del azul, siendo las más apropiadas las lámparas de sodio a baja presión que, además, presentan una alta eficiencia energética.

Por otro lado, se hace imprescindible desarrollar una normativa para evitar la intrusión del alumbrado público en el ámbito privado, regulando una distancia mínima de las luminarias a las ventanas o puertas de los edificios. Hay que recordar que un buen alumbrado público se caracterizará por iluminar estrictamente las zonas en las que la luz sea necesaria, sin que esta sea emitida hacia zonas que no la requieran. Con las evidencias científicas existentes, y aplicando el principio de precaución, tenemos la obligación de trabajar en el desarrollo de nuevas tecnologías de iluminación *cronosaludables* que salvaguarden nuestro reloj y no interfieran con los ritmos circadianos normales de los animales y las plantas. ■

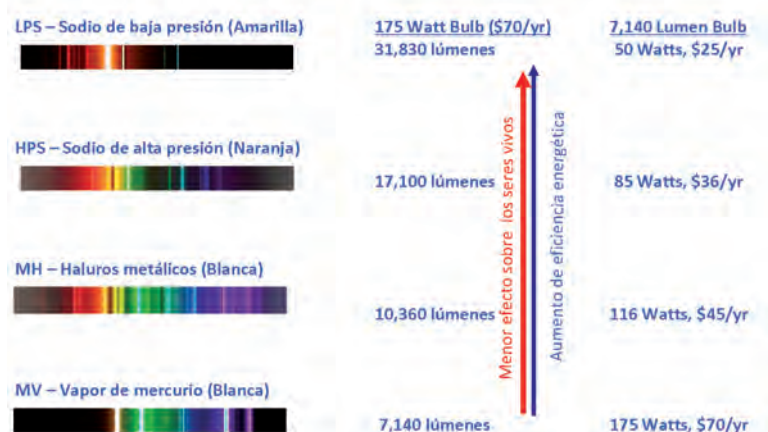
Para saber más:

J.A. Madrid y M.A. Rol. *Cronobiología básica y clínica*. Editecred, 2006.

Varios autores. *Documento final del Grupo de trabajo GT-LUZ «Contaminación lumínica»*. 9º Congreso Nacional del Medio Ambiente, 2008.

Los doctores M.A. Rol y J.A. Madrid son, respectivamente, profesora titular y catedrático de Fisiología en la Universidad de Murcia. B. Baño, A. Martínez, M.A. Bonmatí y E. Ortiz son doctorandos. Todos ellos son biólogos e investigadores del Laboratorio de Cronobiología de dicha universidad.

¿Cómo iluminar la Noche?



– Diferentes tipos de lámparas con su espectro luminoso, eficiencia energética, coste que suponen y su grado de influencia sobre los seres vivos