

El ojo y el cerebro de los niños, niñas y adolescentes bajo la luz de las pantallas visuales

Recomendaciones de la Academia Nacional de Medicina de Francia para la salud de los niños, niñas y adolescentes.

Ing. Luis Deschères

UBA-Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Profesor Titular-Cátedra; Iluminación y Color
Carrera de Especialización en Seguridad e Higiene en
Ámbito Laboral

El 8 de febrero de 2023, la Academia Nacional de Medicina de Francia emitió una declaración en francés e inglés bajo el título: “El ojo y el cerebro de los niños, niñas y adolescentes bajo la luz de las pantallas”.

Para la salud de los niños, niñas y adolescentes, la institución recomienda:

- » en el caso de exposición prolongada a pantallas, promover el uso de anteojos protectores contra la luz azul;
- » restringir, o incluso prohibir, el uso de pantallas durante la noche;
- » garantizar la regularidad de la hora de acostarse y levantarse de los niños, niñas y adolescentes para evitar una desincronización de su reloj biológico interno;
- » introducir, durante el ciclo escolar, la sensibilización sobre los riesgos asociados a las pantallas y la importancia del sueño;
- » sensibilizar a los padres sobre los riesgos asociados al uso abusivo e indebido de las pantallas; la caída del rendimiento escolar y el repliegue sobre sí mismo son dos señales de alarma esenciales a las cuales deben estar muy atentos.

La caída del rendimiento escolar y el repliegue sobre sí mismo son dos señales de alarma esenciales a las cuales deben estar muy atentos

Introducción

A partir de los tres años, las pantallas son una herramienta relevante para la formación y el desarrollo de los niños y niñas siempre que esté supervisada por padres o docentes y que se ponga énfasis en su interactividad y carácter lúdico. Por “enfoque lúdico” entendemos todas aquellas actividades didácticas, amenas y placenteras desarrolladas en un ambiente recreativo y cuyo impacto pedagógico promueve el aprendizaje

significativo que se planifica a través del juego. Pero, por otro lado, su uso abusivo los expone a efectos adversos, especialmente en la adolescencia. Uno de estos efectos adversos para la salud se debe a la naturaleza de la luz que generan estas pantallas.

Desde la invención de la lámpara incandescente (Thomas Edison, 1878), la búsqueda de nuevas fuentes de luz ha tenido como objetivo mejorar su eficiencia energética y la calidad de la luz emitida y extender a las pantallas la posibilidad de su uso. La nueva fuente de luz artificial obtenida bajo esos objetivos (led) requiere una especial atención en su utilización. Un mal uso de esta beneficiosa luz puede llegar a ser un contaminador importante [1]. El ojo y el cerebro de los niños, niñas y adolescentes pasan entonces a ser sus víctimas.

El ojo y la luz

La luz es una radiación electromagnética que transporta energía, la cual, al interactuar con los tejidos oculares independientemente de su edad, puede dañar los fotorreceptores de la retina. La exposición a los diodos electroluminiscentes (led), mucho más brillantes que las lámparas incandescentes, son una fuente de deslumbramiento que puede llegar a ser fototóxica para la retina.

miento que puede llegar a ser fototóxica para la retina.

La exposición a los diodos electroluminiscentes (led), mucho más brillantes que las lámparas incandescentes, son una fuente de deslumbramiento que puede llegar a ser fototóxica para la retina

Mientras que la luz solar y las fuentes de iluminación artificial más antiguas tienen energía homogénea en la banda del espectro visible, los leds actualmente disponibles emiten un pico de emisión de luz azul cercano a la radiación ultravioleta cuyos efectos nocivos sobre la retina son conocidos [1]. Esta fototoxicidad retiniana no resulta ser una quemadura aguda, como puede ocurrir después de la observación descuidada de un eclipse solar o la manipulación accidental de un rayo láser. La mayoría de los leds comerciales emiten una luz blanca a través de un led azul que emite en una banda comprendida entre 430 y 460 nm, donde el riesgo fototóxico es máximo, razón por la cual su utilización plantea preocupaciones que deben ser consideradas [1].

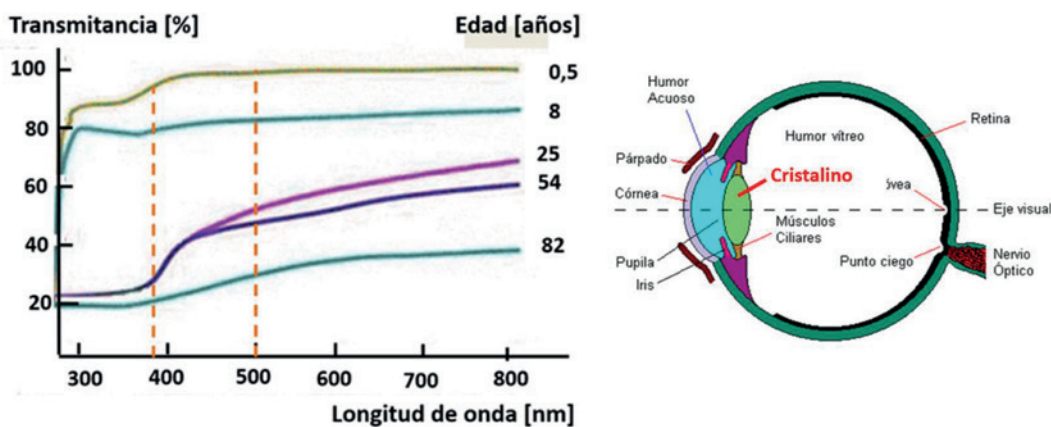


Figura 1. Transmitancia del cristalino en función de la edad y de la longitud de onda de las radiaciones electromagnéticas. Documento ANSES Abril 2019 [5].

El ojo humano es capaz de percibir las radiaciones electromagnéticas en la banda de longitudes de onda comprendida entre 400 y 700 nm. Esta región se la conoce como "espectro visible". La córnea (figura 1) absorbe la mayor parte de las radiaciones por debajo de los 295 nm, con lo cual incluye las UVC (100-280 nm), más del 90% de las UVB (280-315 nm) y entre el 35 a 40% de las UVA (315-400 nm). El cristalino absorbe las radiaciones UVA y UVB que han pasado a través de la córnea, así como las longitudes de onda cortas e infrarrojas. De manera fisiológica, el cristalino actúa como un filtro natural al absorber radiaciones con longitudes de onda menores de 400 nm.

Sin embargo, el cristalino posee una transmitancia a las radiaciones electromagnéticas que depende de la edad del individuo y de la longitud de onda de la radiación de (figura 1). Como podemos apreciar, antes de los ocho años, el cristalino permite que pase más del 80% de las longitudes de onda entre 380 y 500 nm. A partir de los 25 años, el filtro cristalino absorbe aproximadamente el 80% de las radiaciones con longitudes de onda inferiores a 400 nm, pero permite que pasen más del 50% de las comprendidas entre 400 y 500 nm.

Cuando el cristalino pierde transparencia (después de los ochenta años, patología catarata) solamente transmite el 20% de estas radiaciones, lo que a su vez explica la razón por la cual la visión del color cambia con la edad [Artigas et al., 2012] sumado a una pérdida progresiva de la visión. Así, fisiológicamente, a medida que la lipofuscina (o pigmento de la edad) se acumula en las células del epitelio pigmentario de la retina y aumenta la toxicidad potencial de la luz azul [Ach et al., 2015; Olchawa et al., 2017; van der Burght et al., 2013], la modificación del filtro cristalino por pérdida de su transparencia hace que se absorban mayoritariamente las radiaciones azules [Behar-Cohen et al., 2011].

En virtud de lo expresado, podemos entender la importancia por la cual debemos prestar especial atención al uso de los equipamientos provistos

de pantallas visuales led tales como las tablets, computadoras, smartphones, e-readers y TV, sobre todo y muy particularmente para los niños, niñas y adolescentes.

La fotoprotección con lentes anti-UV y antiluz azul que filtran la banda de 430-460 nm es crucial, especialmente para niños, niñas y adolescentes, cuyos filtros cristalinos son muy traslúcidos a ese tipo de radiaciones electromagnéticas

La exposición crónica a la luz de las pantallas visuales led induce un daño celular de naturaleza fotoquímica que es particularmente dañino para la retina macular ubicada en el centro de la retina la que, a su vez, asegura una visión fina, la lectura, la escritura y visión del color. La fotoprotección con lentes anti-UV y antiluz azul que filtran la banda de 430-460 nm es crucial, especialmente para niños, niñas y adolescentes, cuyos filtros cristalinos son muy traslúcidos a ese tipo de radiaciones electromagnéticas (figura 1) y para los operados de catarata, para los cuales la retina está particularmente expuesta (1).

Esta exposición también resulta perjudicial durante la noche, ya que inhibe la regeneración fisiológica nocturna de los fotorreceptores retinianos (opsinas y rodopsinas) contenidos en los respectivos fotorreceptores. Estos pigmentos se consumen durante el día para iniciar el fenómeno de la visión fotópica, y se regeneran por la noche en una oscuridad que debe ser total. El humano es un ser con actividad diurna y descanso nocturno.

El cerebro

El reloj central interno (endógeno), ubicado en el NSQ del hipotálamo, controla los procesos biológicos cíclicos que duran aproximadamente 24 horas. Está bajo el control de factores

- » genéticos (genes reloj),
- » fisiológicos (alternancia sueño-vigilia),
- » medioambientales (alternancia luz-oscuridad).

La banda azul de la distribución espectral de la luz del medio ambiente es la más activa sobre el reloj central. La señal luminosa se transmite al reloj y luego, después de muchos enlaces, a la glándula pineal GP que secreta melatonina, una hormona clave considerada como la aguja del reloj interno o marcadora circadiana (figura 2).

El organismo se sincroniza cuando este conjunto funciona en armonía con el medioambiente, es decir, expuesto a la luz durante el día y a la oscuridad durante la noche, condiciones indispensables para el buen funcionamiento de nuestro reloj biológico y de nuestra salud y bienestar.

El organismo se sincroniza cuando este conjunto funciona en armonía con el medioambiente, es decir, expuesto a la luz durante el día y a la oscuridad durante la noche, condiciones indispensables para el buen funcionamiento de nuestro reloj biológico y de nuestra salud y bienestar

Debido a que el periodo de nuestros ritmos circadianos es mayor a 24 horas, se debe asegurar que el ciclo autónomo de nuestro reloj central, que controla nuestros ritmos circadianos, esté sincronizado con respecto a la hora solar del ciclo luz/oscuridad del medioambiente. Por lo tanto, necesita algo que pueda mirar al medioambiente y comprobar si es de día o de noche (hora solar) y transmitir dicha información a todas y cada una de las células de su organismo.

El reloj central endógeno, localizado en el (NSQ) del hipotálamo, es quien se ocupa de mantener su ritmo circadiano sincronizado con respecto a la hora solar del medioambiente (figura 3). Para

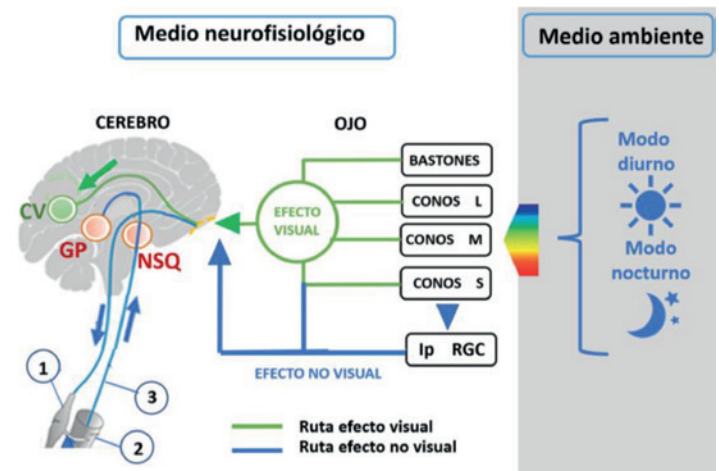


Figura 2. Medio neurofisiológico. Ruta efecto no visual (azul): ipRGC células ganglionares, (1) ganglio cervical, (2) médula espinal, (3) tracto retinohipotalámico, NSQ núcleo supraquiasmático GP (glándula pineal). Ruta efecto visual (verde): fotorreceptores conos 'L', 'M', 'S'; bastones; CV (corteza visual). Medioambiente. Estímulos externos (zeitgeber) ciclo luz/oscuridad, hora solar o astronómica. Investigaciones recientes continúan confirmando que el fotopigmento melanopsina también juega un papel en las respuestas visuales, y que hay evidencia convergente de que las señales de las ipRGC llegan a la corteza visual, donde pueden contribuir y modular nuestra percepción visual [Spitschan M, Bock AS, Ryan J et al., 2017]. También hay evidencia de que los conos contribuyen, aunque en una escala de tiempo diferente a la de las ipRGC.

esta función requiere la señal luz/oscuridad (estímulo externo) que le llega gracias a la ruta no visual que se inicia en las células ganglionares (ipRGC) provistas del fotopigmento melanopsina y continúa circulando por el ganglio cervical (1), médula espinal (2) y tracto retinohipotalámico (3).

Durante el inicio del modo nocturno del medioambiente, cuando recibe la señal de oscuridad, el reloj central localizado en el NSQ informa a la glándula pineal GP que estimule la síntesis y liberación de la hormona melatonina. La melatonina es una hormona derivada de la serotonina que afecta la modulación de los patrones del sueño, tanto a los ritmos circadianos como estacionales, lo que genera una sensación de tranquilidad y bienestar. La melatonina no solo juega un papel fundamental en la inducción del sueño, sino que también es un poderoso agente antio-

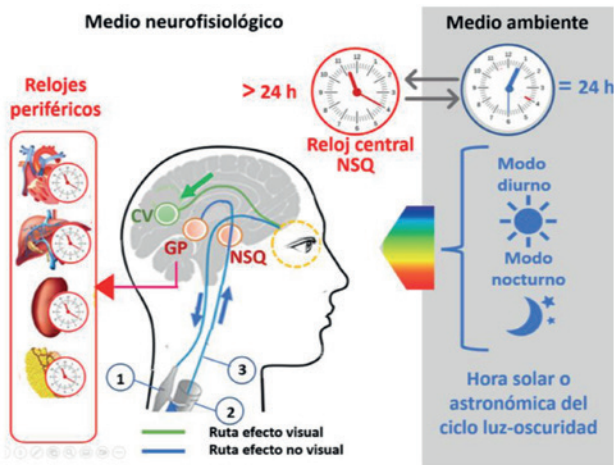


Figura 3. Sistema circadiano humano: reloj central, localizado en el NSQ del hipotálamo, y relojes periféricos, localizados en los tejidos y órganos fuera del sistema nervioso central. El reloj central es el responsable de mantener la regulación de los ritmos circadianos de todas las células del organismo con respecto a la hora solar. Debido a que el periodo de nuestros ritmos circadianos es mayor a 24 horas, se ocupa de sincronizar los diversos relojes periféricos con respecto a la hora solar de la luz/oscuridad del medioambiente. En el inicio del modo nocturno, activa a la glándula pineal para síntesis y liberación de la melatonina y, a la inversa, al inicio del modo diurno, para su reducción. La medición del nivel de la melatonina es considerada como la aguja del reloj interno y, por lo tanto, como marcadora circadiana.

oxidante, neuroprotector, modulador del sistema inmune y es, asimismo, capaz de reducir al mínimo el crecimiento de las células tumorales (función oncostática) y además tiene efecto hipotensor e inhibidor de la actividad tiroidea. A su vez, en el modo nocturno desciende la presión arterial, la temperatura corporal y el metabolismo.

La melatonina no solo juega un papel fundamental en la inducción del sueño, sino que también es un poderoso agente antioxidante, neuroprotector, modulador del sistema inmune

Cuando finaliza el modo nocturno, el ciclo luz solar del medioambiente está en el inicio del modo diurno (figura 3). En esa condición y ante la pre-

sencia de la luz diurna en la retina, el reloj central localizado en el NSQ informa a la glándula pineal (GP) que reduzca la síntesis y liberación de la melatonina. Por otro lado, en este modo se liberan e incrementan las hormonas estimulantes como el cortisol, la adrenalina y la noradrenalina. En este caso, lo que se genera es un estado de vigilia o alerta, un aumento en la capacidad de concentración, energía física, precisión y capacidad resolutoria de toma de decisiones. A su vez, en este modo diurno, la temperatura corporal es más baja, mientras que la presión arterial sube.

La melanopsina como fotopigmento de las ipRGC es muy sensible a longitudes de onda comprendidas entre 480 nm y 490 nm (luz azul-turquesa, denominada también “banda espectral melanópica”). Las ipRGC están distribuidas por toda la retina, pero con predominancia en la zona nasal, de modo que resultan más sensibles a la luz proveniente del cielo con máxima influencia en el efecto no visual (figura 4).

Dado que su sensibilidad espectral máxima está en los 490 nm, se potencia aún más si durante el modo nocturno se le adiciona una luz artificial azul o una fuente con Tc superior a 3.000 K a la oscuridad ambiente. Precisamente este es el caso de la lectura de pantallas visuales en ambientes oscuros donde la naturaleza de la luz que generan las pantallas led es justamente luz azul y, como indica el informe de la Academia en su introducción, es uno de los efectos adversos para la salud de niños, niñas y adolescentes.

Pantallas durante el anochecer, incluso tarde en la noche, y salud pública

Muchos adolescentes se exponen a las pantallas durante el anochecer e incluso a altas horas de la noche. Los datos obtenidos sobre la salud, la experiencia escolar y los comportamientos perjudiciales para la salud de estudiantes de once, trece y quince años en 45 países de la Región Europea de la Organización Mundial de la Salud [2] revelaron que el 30% de los adolescentes se comunican en línea, incluso a altas horas de la noche, al-

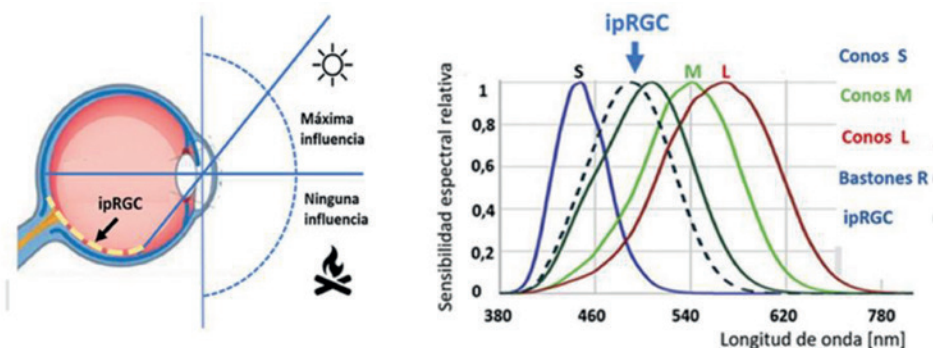


Figura 4. Sensibilidad espectral relativa de los fotorreceptores conos 'S', 'M', 'L'; bastones 'R', y células ganglionares

gunos con una verdadera adicción a internet o a los videojuegos [3].

Exposiciones crónicas a la luz artificial en modo nocturno, incluidas las emitidas por las pantallas (smartphones, tablets, computadoras), generan perturbaciones del ciclo sueño/vigilia debido a la desincronización del periodo ritmo circadiano

En los adolescentes, esto resulta en una demora para el sueño, vinculado a un aumento del estado de alerta generado por el retraso en la fase del reloj central interno, produciendo la inhibición de la secreción de melatonina implicada en conciliar el sueño. Exposiciones crónicas a la luz artificial en modo nocturno, incluidas las emitidas por las pantallas (smartphones, tablets, computadoras), generan perturbaciones del ciclo sueño/vigilia debido a la desincronización del periodo ritmo circadiano del reloj central interno respecto de la hora solar o astronómica del medioambiente (figura 3).

En el caso particular de Francia, el informe indica que mientras las necesidades de sueño del adolescente son de aproximadamente nueve horas durante la noche, el 14% de los estudiantes de primaria y el 29% de los estudiantes de secunda-

ria duermen menos de siete horas en sus días de clase [4]. Una deuda de sueño está presente en el 26% de los estudiantes de primaria y en el 43% de los estudiantes de secundaria. Como corolario, tienen cansancio durante la mañana cuando se levantan, reportada por el 30% de los estudiantes de primaria y el 40% de los estudiantes de secundaria, y una alteración de sus habilidades de aprendizaje relacionadas con una disminución del estado de alerta y atención, lo que resulta en una disminución de los resultados académicos que puede llegar hasta el retraso académico, siendo el trabajo escolar considerado estresante por el 31% de ellos. Además, se destacan los trastornos del estado de ánimo (estrés, ansiedad-depresión) y los trastornos de conducta con violencia e hiperactividad, así como los trastornos metabólicos (17% de los niños y 11% de las niñas tienen sobrepeso u obesidad a los 11 años), relacionados con la inactividad física y el consumo de alimentos azucarados [2].

Se destacan los trastornos del estado de ánimo (estrés, ansiedad-depresión) y los trastornos de conducta con violencia e hiperactividad, así como los trastornos metabólicos

Los niños, niñas y adolescentes se encuentran así en un estado de desincronización llamado

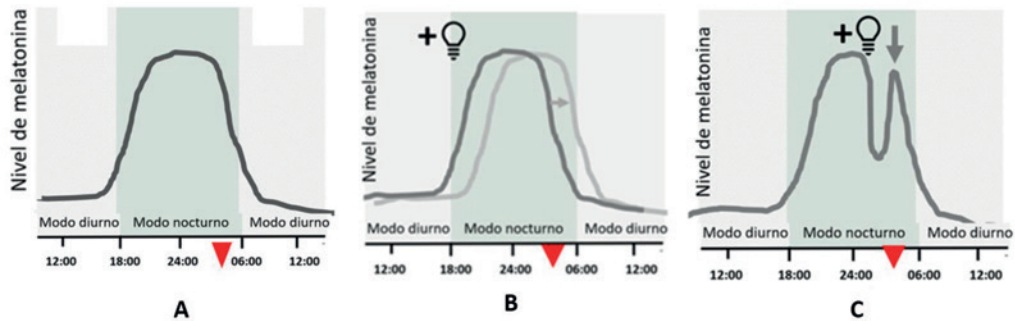


Figura 5. Efectos de la luz artificial (B) (C) sobre el perfil 24 h de la secreción de la melatonina durante el modo nocturno. Modificado de Schlangen et al. (Front. Neurol., 2021). Este perfil marca el ritmo circadiano y el periodo habitual de sueño. La línea gris oscura representa el perfil de melatonina correspondiente para un individuo en modo diurno y nocturno. El triángulo rojo indica el momento en el que la temperatura corporal central alcanza su valor más bajo, aproximadamente 2 h antes de la hora (habitual) de despertarse (4:30 h). En un organismo, la melatonina permite verificar el estado de sincronización. Caso (A) sincronizado. Caso (B) desincronizado (línea gris clara) por presencia de luz artificial en inicio de modo nocturno. Caso (C) ruptura (cronodisrupción) por presencia de luz artificial tarde en la noche del modo nocturno.

"jet-lag social", caracterizado por una disociación entre el tiempo biológico (del reloj interno) y el tiempo astronómico (hora solar) del medioambiente, debido al retraso del sueño en el modo nocturno. Por lo tanto, un despertar más tarde en el modo diurno (caso B de la figura 5). La recuperación del sueño durante el fin de semana solo refuerza esta desincronización del adolescente.

Debido al tamaño de la población afectada y a las patologías resultantes, la exposición crónica de niños, niñas y adolescentes a la luz de las pantallas en horarios nocturnos es un problema de salud pública

Debido al tamaño de la población afectada y a las patologías resultantes, la exposición crónica de niños, niñas y adolescentes a la luz de las pantallas en horarios nocturnos es un problema de salud pública [1, 3]. Al inducir fototoxicidad retiniana y desregulación del ritmo sueño/vigilia, fuente de perturbaciones del sueño, trastornos cognitivos y del estado de ánimo, el mal uso de las pantallas (smartphones, tablets, computado-

ras) nos conduce a un concentrado de contaminación lumínica, perjudicial para el adolescente, el cual es un gran consumidor. En los menores de doce años, el daño se ve agravado por la transparencia perfecta de la lente (figura 1) y la inhibición fisiológica de los pigmentos fotosensibles, opsinas para los conos y rodopsina para los bastones, ya que se consumen durante el día y se regeneran por la noche.

Conclusiones

En la actualidad, el uso de internet es uno de los hábitos más cotidianos entre niños, niñas y adolescentes. Si bien puede ser para ellos una fuente de aprendizaje, de entretenimiento y de relaciones sociales, también los expone a muchos riesgos entre los cuales es muy importante destacar los relacionados a la salud y bienestar. Para ello es muy importante la participación activa de la medicina, ya que estamos en el inicio de una nueva era en la luminotecnia. A partir del premio Nobel de Medicina y Fisiología (2017) sabemos que todos los organismos vivos (bióticos) plantas, flora fauna y seres humanos tienen incorporados en sus células un reloj biológico interno.

Por lo tanto, ahora sabemos que la luz natural o artificial recibida por la retina tiene dos efectos principales: permite la formación de imágenes (efectos visuales) y, además, transmite al cuerpo una indicación de la hora del día (efecto no visual), señal de sincronización efectiva de nuestro reloj circadiano central, del cual dependen nuestras funciones biológicas, incluido el ritmo sueño/vigilia. Esta señal requiere de una alta intensidad de luz durante el día y oscuridad total durante la noche, tal como fue nuestro medioambiente evolutivo. Bajo este nuevo concepto se inicia la iluminación integradora.

Pero el estilo de vida actual, especialmente el urbano, tiende cada vez más a desregular el ritmo diario natural de luz/oscuridad, ya que solemos pasar nuestro tiempo de actividad en locales interiores con bajos niveles de iluminación artificial y, por otro lado, un atardecer y una noche expuestos a múltiples fuentes de luz artificial con intensidades desmesuradas y composiciones espectrales inadecuadas.

Las pantallas visuales constituyen uno de los casos particulares donde la medicina nos aclara que su uso abusivo por parte de niños, niñas y adolescentes los expone a efectos adversos para la salud, especialmente en la adolescencia. Por esta razón, si bien estas pantallas son actualmente relevantes como herramienta para su formación y desarrollo, la asistencia y guía de padres y docentes es muy importante para lograr un adecuado impacto pedagógico y saludable. ■■

Referencias

[1] Dufier J.L., Touitou Y., Chauvaud D., Torriglia A., Pollution lumineuse, pollution insidieuse. Bull. Acad. Natl. Med., 204, 3, Mars 2020, p. 201-203.

[2] Inchley J., Currie D. et al., editors. Spotlight on adolescent health and well-being. Findings from the 2017/2018 Health Behaviour in School-aged Children (HBSC) survey in Europe and Canada. International report. Volume 1. Key findings. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2020.

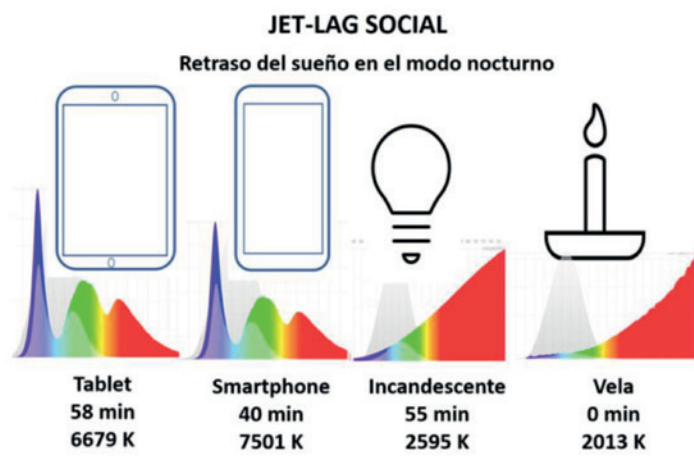


Figura 6. Retraso del sueño producido por la presencia de luz artificial en modo nocturno del medioambiente. La síntesis y secreción nocturna de melatonina, marcadora circadiana implicada en la conciliación del sueño, se retrasa o inhibe debido a la desincronización del sistema circadiano producida por la exposición a la luz artificial rica en radiaciones azules (4.100-7.000 K) e incluso en bajos niveles de iluminancia en el plano del ojo (2 a 10 lux) como las emitidas y producidas por las pantallas led de los celulares, táblets, computadoras, televisores.

[3] World Health Organization. WHO Releases New International Classification of Diseases (ICD 11), 2018 ([https://www.who.int/news/item/18-06-2018-who-releases-new-international-classification-of-diseases-\(icd-11\)](https://www.who.int/news/item/18-06-2018-who-releases-new-international-classification-of-diseases-(icd-11))).

[4] Touitou Y, Point S. 2020. Effects and mechanisms of action of light-emitting diodes on the human retina and internal clock. Environ Res. 2020 Nov ;190:109942 (doi: 10.1016/j.envres.2020.109942. Epub 2020 Jul 19. PMID: 32758719).

[5] Documento ANSES Abril 2019 (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail), "Effets sur la santé humaine et sur l'environnement (faune et flore) des diodes électroluminescentes (LED)".

[6] Académie Nationale de Médecine. Sitio : www.academie-medecine.fr.