

# Estudios sobre efectos no visuales de la absorción de la luz en nuestro sistema visual

Fuente: Sustainability  
www.mdpi.com

Stevens y Zhu [1] dieron cuenta de que el sol es nuestra fuente primaria de luz durante el día y de que durante millones de años la luz solar ha dado forma a ritmos circadianos en mamíferos, incluyendo la hora de levantarse, la temperatura corporal, el metabolismo, oscilaciones en la expresión genética y producción de hormonas. En contraste, la luz eléctrica es oscura y altera todos los aspectos de nuestro ritmo circadiano interno. A menudo, su intensidad y contenido espectral no son adecuados durante el día y son demasiado elevados durante la noche.

En 1975, el científico Richard J. Wurtman escribió un artículo extenso sobre los efectos de la luz en nuestros órganos internos, como ovarios, tejidos o mamas. La publicación fue visionaria, dado el conocimiento científico de la época [2].

Guido et al. [3] establecieron que la retina contiene un marcapasos biológico que influye todo el sistema circadiano. Glickman et al. [4], que se necesita una iluminancia de 2.500 lx para suprimir la melatonina nocturna en humanos, pero luego se determinó que bajo ciertas condiciones, como por debajo de 1 lx, la melatonina se puede suprimir en humanos.

## *La retina contiene un marcapasos biológico que influye todo el sistema circadiano.*

Existe una tendencia creciente en el campo científico hacia un consenso sobre que la exposición a la luz influye muchos procesos psicológicos a través de por lo menos dos vías asociadas a la visión [5].

La vía más conocida está asociada a la regulación de secreciones de melatonina de parte de la glándula pineal [6]. Esta vía controla los ritmos circadianos. La exposición a la luz durante la noche, particularmente a longitudes de onda corta, suprime la melatonina e influye el insomnio.

La otra vía activa sobre el nivel de alerta activando un mecanismo independiente del de la supresión de melatonina, durante el cual se segrega cortisol [5].



Dada la gran cantidad de datos que aparece acerca de los efectos negativos o positivos de la luz artificial en la salud, Erren et al. definieron la fotohigiene como la exposición a la luz en condiciones óptimas de periodicidad, calidad y cantidad [7].

Un estudio llevado a cabo por Cho et al. [8] estableció que dormir con las luces prendidas causa efectos negativos en la estructura y calidad del sueño. Un estudio posterior mostró que tales efectos negativos podrían afectar aspectos asociados a la memoria por producir niveles de córnea de menos de 10 lx. El experimento se llevó a cabo con una fuente de luz led 5.779 K con un difusor [9].

*La exposición a la luz blanca brillante o de altos niveles de azules estimula la alerta, pero estos efectos no se ven en tareas que demandan un alto nivel cognitivo.*

La Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés), de la Organización Mundial de la Salud (OMS) clasificó “el cambio asociado a la disrupción circadiana” como un cancerígeno probable para humanos (grupo 2a).

La luz continua contribuye a agudizar el síndrome de confusión en adultos en terapia intensiva, en donde la constancia en el ambiente es la norma [10].

La aparición de melatonina ante la luz tenue (DLMO, por sus siglas en inglés) se refiere al inicio de la secreción de melatonina en condiciones de luz bajas. El cuerpo humano está programado para que eso ocurra durante la puesta de sol. Graham y Wong [11, 12] notaron en sus estudios que la luz azul intensa cancela el pico nocturno luego de 10 a 20 minutos de exposición, y que vuelve a su valor inicial luego de 40 minutos una vez apartado el estímulo.

En relación con el periodo diurno, la exposición a la luz puede generar adelantamientos o retrasos de las fases de reloj definida por la curva de respuesta, de modo que la luz brillante durante el comienzo de



la noche biológica (desde el comienzo de la elevación de melatonina hasta el momento en que se produce la temperatura corporal mínima del cuerpo) genera un retraso de fase, y a la mañana (desde la temperatura corporal mínima hasta 8 horas después), se adelanta. Estudios sobre experimentos epidemiológicos, clínicos con animales muestran que la cronodisrupción producida por la luz artificial durante la noche podría estar asociada a patologías como el síndrome metabólico, enfermedades cardiovasculares y desórdenes afectivos y cognitivos [14].

*La luz brillante durante el comienzo de la noche biológica genera un retraso de fase, y a la mañana, se adelanta.*

La exposición nocturna a la luz, la reducción de la intensidad de la luz durante el día, o caída en el contraste en el ciclo claridad-oscuridad contribuyen a la cronodisrupción. Los disturbios cognitivos, afectivos, conductuales y de sueño, y las limitaciones en sus

actividades diarias tanto en pacientes ancianos con demencia senil como en sus cuidadores ha sido asociado con las alteraciones en los ciclos circadianos [15].

La luz artificial durante la noche está llamando la atención de los investigadores y ambientalistas por la evidencia creciente de su capacidad de “desincronizar” la fisiología de los organismos [16].

La obesidad es un desorden común con muchas complicaciones. Aunque la cronodisrupción juega un papel en la obesidad, pocos estudios epidemiológicos han investigado la asociación entre luz artificial nocturna y obesidad. Dado que la salud del sueño está asociada tanto a la obesidad como a la luz artificial nocturna, Koo et al. [17] investigaron la asociación entre luz artificial nocturna exterior y obesidad luego de considerar la salud del sueño y la asociación entre luz artificial nocturna exterior y salud del sueño.

*[La vida moderna condijo a] una brecha creciente entre nuestros hábitos y nuestros sincronizadores naturales del sistema circadiano.*

Simón y Sánchez [34] notaron que cerca del 20% de las personas en la sociedad actual pasa la mayor parte del tiempo en interiores con luz tenue, con poca actividad física y ciclos de sueño breves e irregulares.

Los autores sugieren que esos factores podrían contribuir a la prevalencia de facilitadores de patologías asociadas a la cronodisrupción, como cáncer, condiciones intestinales, síndrome metabólico, enfermedades cardiovasculares, desórdenes del estado de ánimo y discapacidad cognitiva. La cronodisrupción también podría afectar los niveles de cortisol y de melatonina. El cortisol es un regulador de funciones asociadas al estrés [18]. En 1998, Sterling e Eyer [19] definieron el rol de alostasis como “mantener la estabilidad a través del cambio” y notaron que la secreción de cortisol y el estrés son una “adaptación del cuerpo a una situación desconocida que debe ser transitoria y por lo tanto bloqueada o detenida”. Los autores

comentaron que los trabajadores nocturnos tienen riesgo de disrupción circadiana y, por lo tanto, de alteraciones hormonales. En la misma línea, Mirick et al. [20] sugieren que un bajo nivel de sulfatoximelatonina urinaria está asociado al trabajar durante la noche, lo que resulta en niveles elevados de cortisol.

Stevens y Zhu [21] establecieron que la luz es un regulador del comportamiento y de la psicología y que sus efectos se han desarrollado durante milenios a través de la iluminación provista por información confiable acerca del momento del día. Los autores sostienen que la llegada de la luz eléctrica ha alterado esa relación con patrones de exposición a la luz que reflejan los gustos personales y las presiones sociales. Es importante, entonces, que los efectos no visuales de la luz sean incorporados en el diseño de iluminación. Por ejemplo, uno podría preguntar qué obras de iluminación de las existentes reproducen los efectos de la luz natural biológica, cómo la iluminación podría ser utilizada para minimizar los efectos dañinos en el trabajo y a la vez promover a alerta y la seguridad, o cómo mejorar la terapia de la luz. La industria de la iluminación y los científicos han comenzado a investigar en esta dirección. Ellos argumentan que primero debemos determinar cómo la luz impacta sobre la psicología y comportamiento humanos.

Existen dos técnicas diferentes para medir la luz y dos criterios científicos para determinar cuál de las dos es más adecuada: radiometría (análisis cuantitativo) y fotometría (análisis cualitativo).

*La llegada de la luz eléctrica ha alterado esa relación con patrones de exposición a la luz que reflejan los gustos personales y las presiones sociales.*

Muchos estudios han observado que los humanos están adoptando cada vez más estilos de vida nocturnos, tanto por placer como por trabajo, lo cual condujo a una noche excesivamente iluminada, mientras que pasamos la mayor parte del día en interiores poco



iluminados. Esto resulta en una brecha creciente entre nuestros hábitos y nuestros sincronizadores naturales del sistema circadiano. La cronodisrupción o disrupción circadiana es el precio fisiológico por la exposición a la luz durante la noche [16,17].

Está bien establecido que la luz afecta tanto los sistemas visuales como los no visuales. Se ha prestado poca atención a evaluar los efectos de la luz en los habitantes de los edificios y, en consecuencia existen pocos lineamientos acerca del diseño y aplicación de la iluminación respecto de efectos no visuales. Un estudio llevado a cabo por el Centro de Investigación de Iluminación, por Figueiro et al. (2019) [22], ayudó a llenar la brecha con evaluaciones de campo sobre la exposición a la luz y el desarrollo de una nueva luminaria diseñada para promover la alerta durante el día en los ambientes de oficinas actuales. Los datos apoyaron la inferencia de que la exposición a la luz, aplicada correctamente, puede promover el arrastre circadiano e incrementar la alerta.

La investigación reciente ha mostrado que la exposición a la luz blanca brillante o de altos niveles de azules estimula la alerta, pero estos efectos no se ven en tareas que demandan un alto nivel cognitivo. Las diferencias individuales y psicológicas han sido tenidas en cuenta para explicar la variabilidad en los efectos cognitivos de la luz.

La sensibilidad a la luz depende de las diferencias individuales en el reloj del gen PER3, involucrado en

la regulación de sueño-vigilia, edad, dominio cognitivo [23]. Algunos autores sostienen que la exposición a luz diurna brillante en interiores puede resultar en una vitalidad positiva, alerta, y ayudar a promover un día activo y saludable.

Estos estudios revelan que la luz brillante induce a mejoras en la alerta cuando los participantes sanos privados del sueño o la luz antes de la exposición a este tipo de luz interior [23].

Estudios experimentales han mostrado que la magnitud y duración de los efectos no visuales de la luz depende de las dosis de luz previas [25]. La exposición a la luz de interiores brillante conduciría a efectos no visuales más débiles en primavera que en otoño e invierno [24].

*Es importante, entonces, que los efectos no visuales de la luz sean incorporados en el diseño de iluminación.*

Angel Correa et al. [38] observaron que la luz blanca brillante o luz enriquecida con azules incrementa la alerta pero que no es efectiva para tareas del alta demanda cognitiva, como sostener la atención. Los autores observaron que los resultados variaban enormemente dependiendo de los estados de alerta previos, con mayores niveles entre aquellos que previamente tenían un mejor estado de alerta o vigilancia.

Wright Jr. et al. [26] condujeron un experimento para el cual reclutaron ocho participantes (dos mujeres y seis hombres) de aproximadamente 30 años cuyos ciclos circadianos fueron estudiados previamente en sus trabajos y hogares. Luego, los participantes pasaron una semana acampando en las montañas sin electricidad.

Entre los ocho sujetos, había un amplio rango de cronotipos (es decir, alondras y búhos) y tiempos de sueño.

El comienzo de la secreción de melatonina es aproximadamente dos horas después de la caída del sol. Debido a los hábitos de la vida moderna, esto ahora ocurre más tarde. Después de una semana de

campamento, el comienzo de la secreción de melatonina ocurrió más cercano a la caída del sol y la eliminación, del amanecer, alineando alondras y búhos con la duración de la luz natural. En sus conclusiones establecen que “la mayor exposición a la luz solar podría ayudar a reducir las consecuencias en la salud de la disrupción circadiana”. ❖

### Referencias

- [1] Stevens, R.G.; Zhu, Y. Electric light, particularly at night, disrupts human circadian rhythmicity: Is that a problem? *Philos. Trans. R. Soc. B Boil. Sci.* 2015, 370, 20140120. [CrossRef] [PubMed]
- [2] Wurtman, R.J. The Effects of Light on the Human Body. *Sci. Am.* 1975, 233, 68–77. [CrossRef]
- [3] Guido, M.E.; Garbarino-Pico, E.; Contín, M.A.; Valdez, D.J.; Nieto, P.S.; Verra, D.M.; Acosta-Rodríguez, V.; De Zavalía, N.; Rosenstein, R.E. Inner retinal circadian clocks and non-visual photoreceptors: Novel players in the circadian system. *Prog. Neurobiol.* 2010, 92, 484–504. [CrossRef] [PubMed]
- [4] Glickman, G.; Levin, R.; Brainard, G.C. Ocular input for human melatonin regulation: Relevance to breast cancer. *Neuroendocrinology.* 2002, 23, 17–22.
- [5] Cajochen, C. Alerting effects of light. *Sleep Med. Rev.* 2007, 11, 453–464. [CrossRef]
- [6] CIE. Report on the First International Workshop on Circadian and Neurophysiological Photometry, 2013. 2015. Available online: [http://files.cie.co.at/785\\_CIE\\_TN\\_003-2015.pdf](http://files.cie.co.at/785_CIE_TN_003-2015.pdf) (accessed on 19 March 2020).
- [7] Erren, T.C.; Reiter, R.J. Light Hygiene: Time to make preventive use of insights—old and new—into the nexus of the drug light, melatonin, clocks, chronodisruption and public health. *Med. Hypotheses* 2009, 73, 537–541. [CrossRef]
- [8] Cho, C.-H.; Lee, H.-J.; Yoon, H.-K.; Kang, S.-G.; Bok, K.-N.; Jung, K.-Y.; Kim, L.; Lee, E.-I. Exposure to dim artificial light at night increases REM sleep and awakenings in humans. *Chrono Int.* 2015, 33, 1–7. [CrossRef]
- [9] Sancar, A.; Lindsey-Boltz, L.; Kang, T.-H.; Reardon, J.T.; Lee, J.H.; Ozturk, N. Circadian clock control of the cellular response to DNA damage. *FEBS Lett.* 2010, 584, 2618–2625. [CrossRef]
- [10] Madrid Pérez, J.A.; Rol de Lama, M.Á. Ritmos, relojes y relojeros. Una introducción a la Cronobiología. *Eubacteria* 2015, 33, 1–7.
- [11] Schroeder, M.M.; Harrison, K.R.; Jaeckel, E.R.; Berger, H.N.; Zhao, X.; Flannery, M.P.; Pierre, E.C.S.; Pateqi, N.; Jachimska, A.; Chervenak, A.P.; et al. The Roles of Rods, Cones, and Melanopsin in Photoresponses of M4 Intrinsically Photosensitive Retinal Ganglion Cells (ipRGCs) and Optokinetic Visual Behavior. *Front. Cell. Neurosci.* 2018, 12. [CrossRef] [PubMed]
- [12] Wong, K.Y.; Dunn, F.A.; Berson, D. Photoreceptor Adaptation in Intrinsically Photosensitive Retinal Ganglion Cells. *Neuron* 2005, 48, 1001–1010. [CrossRef] [PubMed]
- [13] Garaulet, M.; Madrid, J.A. Chronobiology, genetics and metabolic syndrome. *Curr. Opin. Lipidol.* 2009, 14, 127–134. [CrossRef] [PubMed]
- [14] Pandi-Perumal, S.R.; Srinivasan, V.; Spence, D.W.; Moscovitch, A.; Hardeland, R.; Brown, G.M.; Cardinali, D.P. Ramelteon: A review of its therapeutic potential in sleep disorders. *Adv. Ther.* 2009, 26, 613–626. [CrossRef]
- [15] Der Lek, R.F.R.-V.; Swaab, D.F.; Twisk, J.; Hol, E.; Hoogendijk, W.J.; Van Someren, E.J. Effect of Bright Light and Melatonin on Cognitive and Noncognitive Function in Elderly Residents of Group Care Facilities. *JAMA* 2008, 299, 2642. [CrossRef]
- [16] Khan, Z.; Labala, R.K.; Yumnamcha, T.; Devi, S.D.; Mondal, G.; Devi, H.S.; Rajiv, C.; Bharali, R.; Chatteraj, A. Artificial Light at Night (ALAN), an alarm to ovarian physiology: A study of possible chronodisruption on zebrafish (*Danio rerio*). *Sci. Total Environ.* 2018, 628–629, 1407–1421. [CrossRef]
- [17] Koo, Y.S.; Song, J.-Y.; Joo, E.Y.; Lee, H.-J.; Lee, E.; Lee, S.K.; Jung, K.-Y. Outdoor artificial light at night, obesity, and sleep health: Cross-sectional analysis in the KoGES study. *Chrono Int.* 2016, 33, 301–314. [CrossRef]
- [18] Martín, C.S.; Sánchez-Muniz, F.J. Chronodisruption and cortisol and melatonin imbalance, a probable prelude of most prevalent pathologies? *J. Negat. No Posit. Results* 2017, 2, 619–633. [CrossRef]
- [19] Abbas, K. Handbook of life stress, cognition and health. *Behav. Res. Ther.* 1990, 28, 104. [CrossRef]
- [20] Mirick, D.K.; Davis, S. Melatonin as a Biomarker of Circadian Dysregulation. *Cancer Epidemiol. Biomark. Prev.* 2008, 17, 3306–3313. [CrossRef] [PubMed]
- [21] Figueiro, M.; Steverson, B.; Heerwagen, J.; Yucel, R.; Roohan, C.; Sahin, L.; Kampschroer, K.; Rea, M. Light, entrainment and alertness: A case study in offices. *Light. Res. Technol.* 2019. [CrossRef]
- [22] Correa, Á.; Barba, A.; Padilla, F. Light Effects on Behavioural Performance Depend on the Individual State of Vigilance. *PLoS ONE* 2016, 11, e0164945. [CrossRef] [PubMed]
- [23] Smolders, K.C.; De Kort, Y. Bright light and mental fatigue: Effects on alertness, vitality, performance and physiological arousal. *J. Environ. Psychol.* 2014, 39, 77–91. [CrossRef]
- [24] Chang, A.-M.; Scheer, F.A.J.L.; Czeisler, C.A.; Aeschbach, D. Direct Effects of Light on Alertness, Vigilance, and the Waking Electroencephalogram in Humans Depend on Prior Light History. *Sleep* 2013, 36, 1239–1246. [CrossRef]
- [25] Wright, K.P.; McHill, A.W.; Birks, B.R.; Griffin, B.R.; Rusterholz, T.; Chinoy, E.D. Entrainment of the human circadian clock to the natural light-dark cycle. *Curr. Biol.* 2013, 23, 1554–1558. [CrossRef]

**Nota del editor.** El presente artículo es una traducción llevada a cabo por Alejandra Bocchio de un extracto del artículo “Towards a Sustainable Indoor Lighting Design: Effects of Artificial Light on the Emotional State of Adolescents in the Classroom”, de Sustainability.