

## 50 Simposium Nacional de Alumbrado

Valencia, 22 al 24 de Mayo del 2024

**Ponencia**



### **Título del trabajo/ Title of paper:**

Proyecto MeLiDos: metrología para registradores de luz portátiles y dosímetros de radiación óptica. Avances en el desarrollo del proyecto

**Autor/es/ Author/s:** David Baeza Moyano

**Empresa/s Company/s:** Universidad CEU San Pablo

### **Tema: (Indicar sólo 1)**

1. Científico y formación en aspectos generales de la iluminación: visión, color, fotometría, luminotecnia.....
2. **Luz, salud y bienestar**
3. Normativa, Legislación, Calibración y Certificación
4. Iluminación interior
5. Iluminación conectada en interior
6. Sistemas de control y equipos auxiliares
7. Eficiencia energética y empresas de Servicios energéticos
8. Ciudades inteligentes e iluminación conectada en exterior
9. Gestión de fondos y ayudas para el ahorro
10. Otros usos de la luz
11. Novedades tecnológicas
12. Realizaciones prácticas
13. Contaminación lumínica
14. Energías renovables
15. Alumbrado de emergencia

## Introducción

La idea que se tenía sobre los efectos de la luz que entra a través de nuestros ojos estaba asociada con la función de la visión hasta hace muy poco tiempo. La iluminación interior ha sido medida hasta ahora con unidades que probablemente la mayoría de las personas conocen, los lux, los lumen y otras derivadas de nuestra sensibilidad visual a la radiación visible. Hace aproximadamente 30 años se descubrió un subtipo de neuronas en la retina humana, las células ganglionares intrínsecamente fotosensibles de la retina (ipRGCs), que presentan un fotopigmento, cuyo efecto al ser producido y enviado al cerebro al recibir dichas células luz visible, no está implicado en la visión. Se descubrió que la luz que entra a través de nuestros ojos influye en nuestra salud, nuestra psicología y comportamiento, incluyendo nuestros ritmos circadianos, los ciclos de acostarse y levantarse, funciones cognitivas y el equilibrio neuroendocrino.

La luz es un estímulo multidimensional complejo. Las respuestas provocadas por la exposición a la luz natural o artificial dependen de muchos factores, como la composición espectral, la intensidad, la distribución espacial, la duración y la dinámica temporal, así como del momento y de factores individuales como el historial lumínico, la edad y el estado de salud. (CIE 026, 2018)

Los fotorreceptores "no visuales" (ipRGCs) contienen un fotopigmento llamado melanopsina, que es sensible principalmente en la parte azul-cian del espectro de luz visible. Estas células envían señales a lugares específicos del cerebro para sincronizar el reloj central (master clock) y ajustarlo al ciclo diario de 24 horas, que a su vez transmite esta información a todo el organismo. Las implicaciones para la salud y el bienestar son de gran alcance, ya que cada vez es más evidente que la salud mental y física están interconectadas. Desde la alteración del estado de ánimo y la vigilia hasta la privación del sueño hasta enfermedades del corazón, desordenes psiquiátricos y cáncer, pueden estar asociados en parte con la cronodisrupción. Esta ruptura de la regularidad de nuestro funcionamiento interno se podría describir como una alteración de nuestro equilibrio fisiológico y psicológico debido a una inadecuada recepción de luz.

La exposición crónica a la luz artificial durante la noche tiene consecuencias duraderas sobre los sistemas endocrino e inmunitario al inducir un desajuste del ciclo del día y de la noche. Hay un creciente número de estudios desde hace años en cuyos resultados se asegura que los trabajadores que realizan trabajos por turnos presentan un mayor riesgo de desarrollar enfermedades como el cáncer y los trastornos metabólicos. (Lunn et al., 2017; Moreno et al., 2019). Los efectos de la luz visible en la fisiología humana pueden observarse de forma aguda en forma de cambios en el estado de alerta y del humor o estado de ánimo de las personas que dependen del momento en que se recibe la luz y la intensidad de esta. (Cibeira et al., 2021; Lok et al., 2018). Nuevos estudios proporcionan información para poder comprender las cantidades de luz adecuadas para las personas sanas y activas durante el ciclo diario de 24 horas, con el fin de mantener una fisiología y una salud circadiana óptimas. Hasta ahora no se ha podido definir con seguridad lo que se podría denominar como "dieta espectral" o dicho de otra manera, los patrones de exposición a la luz que serían recomendables para cada individuo. (Carolina et al., 2024)

Durante los últimos años, los investigadores en este campo han intentado medir la exposición personal a la luz en entornos de campo utilizando diversos dispositivos

portátiles (Hartmeyer et al., 2022). Estos dispositivos, conocidos como registradores de luz, pueden llevarse en varias posiciones en el cuerpo, por los participantes en el estudio de forma continua. (Spitschan et al., 2022).

Los patrones de exposición a la luz pueden producir métricas de la luz, incluyendo el tiempo empleado sobre un umbral específico de la luz (time above threshold, TAT; (Hartmeyer & Andersen, 2023)) y la variabilidad del tiempo de iluminación (mean light timing, MLiT; (Reid et al., 2014)). Estas métricas pueden vincularse posteriormente a resultados sanitarios de interés (Spitschan et al., 2022). Por ejemplo, estudios de campo realizados con registradores de luz en la muñeca han demostrado una relación entre una mayor exposición a la luz antes de dormir y un menor estado de alerta durante el día. (Didikoglu et al., 2023), diferencias en la consolidación del sueño-despertar (Lok et al., 2023), y alteraciones en la estructura del sueño (Wams et al., 2017). Altas exposiciones a la luz durante el sueño han sido ligadas con retardo en el comienzo del sueño y pobre continuidad del sueño (Mead et al., 2023).

A pesar de todo lo que se ha avanzado en la investigación en estos últimos años, gran parte de la bibliografía existente sigue siendo descriptiva y vincula las mediciones de la luz a pocos resultados interesantes desde el punto de vista de la salud, normalmente relacionados con el rendimiento cognitivo y la salud del sueño. Aunque sean de interés, estas investigaciones no logran captar las dimensiones contextuales y de comportamiento que conducen a un determinado patrón de exposición a la luz. En última instancia, la "dieta espectral" de un individuo depende de muchos factores, tanto ambientales (ubicación geográfica, estación, clima y fotoperiodo) como interindividuales (cultura, hábitos personales, comportamiento, tipo de desplazamiento y profesión). Además, aunque algunos factores determinantes de la exposición diaria a la luz son independientes del individuo (por ejemplo, el tipo de iluminación de la oficina), éste puede ejercer cierto control sobre su exposición a la luz buscando o evitando activamente comportamientos que impliquen una exposición específica a la luz (por ejemplo, almorzar fuera o dentro de casa). (Siraji, Lazar, et al., 2023; Siraji, Spitschan, et al., 2023).

La invención de la iluminación eléctrica ha llevado a las personas a pasar más tiempo en interiores durante el día con luz insuficiente y a permanecer despiertas más tarde por la noche con excesiva iluminación. La intensidad de la luz artificial es sólo una pequeña fracción de la luz diurna (una quinta parte en un cielo nublado y mucho menos del 1% en una tarde soleada), mientras que su composición espectral difiere principalmente en la proporción de luz azul. Medida verticalmente a la altura de los ojos, y con los efectos del párpado y la dimensión de la pupila, es aún más difícil de comparar con las mediciones habituales de la luz. Aunque el estudio de las fuentes de luz puede llevarse a cabo en laboratorios en condiciones controladas, la luz que reciben los seres humanos en condiciones ambientales reales es muy diferente debido, por ejemplo, a la colocación de luminarias, ventanas, cuadros, mobiliario, comportamiento, etc. La relación del ser humano con la luz ha cambiado radicalmente en las últimas décadas con la llegada de las lámparas de diodos emisores de luz (LED) de alta eficiencia y las pantallas emisivas, como las de los teléfonos inteligentes y los ordenadores portátiles. La mayor disponibilidad y potencia luminosa de estas nuevas fuentes de luz, junto con el gran número de personas en la sociedad moderna que sufren de desalineación circadiana, plantean la cuestión de cómo estos patrones de exposición a la luz afectan a nuestra salud mental y física. (Carolina et al, 2024)

El mundo de los sensores portátiles ha experimentado un auge reciente en cantidad y diversidad, y la monitorización de las dosis de luz con registradores de luz portátiles

era una respuesta obvia a la cuestión de comprender la interacción entre el ser humano y la luz en un entorno real. Esta diferencia entre las condiciones de laboratorio y las reales es también un problema para las mediciones de la radiación UV solar, que es un riesgo creciente para la salud, ya que la gente pasa más tiempo al aire libre debido al aumento de los días más calurosos y soleados a causa del cambio climático. Aunque la medición de la dosis de UV es un campo más maduro, la caracterización adecuada y coherente de los dosímetros de UV solar basados en optoelectrónica sigue siendo un problema.

La iluminación eléctrica ha transformado los hábitos humanos, promoviendo más actividad en interiores y horarios extendidos nocturnos. Al ser la luz artificial, sustancialmente más tenue y con distinta composición espectral, especialmente en luz azul, afecta los ritmos circadianos a través de la melanopsina ocular, alterando el ciclo sueño-vigilia y diversas funciones corporales. Estas alteraciones pueden conducir a cambios en el estado de ánimo, insomnio, y aumentar el riesgo de padecer enfermedades graves como trastornos cardíacos y cáncer. La variabilidad de la luz ambiental real, influenciada por la arquitectura y los estilos de vida, complica la evaluación precisa de su impacto total en la salud humana.

### Desarrollo

El proyecto MeLiDos busca desarrollar métodos avanzados para la caracterización precisa de la radiación óptica y crear estándares para dispositivos de medición portátiles, mejorando la interpretación de la luz interior junto con la redacción de guías prácticas para facilitar a sectores como el de la construcción educación o el ámbito sanitario el uso correcto de la iluminación en función de la salud humana.



El proyecto tiene una duración inicial de tres años. Sus objetivos generales son los siguientes:

- Desarrollar y validar nuevos métodos de caracterización y definir un conjunto validado de índices de calidad para dosímetros portátiles de radiación óptica, centrándose en áreas relevantes para la vida diaria (visible y UV).
- Desarrollar métodos de análisis de datos para verificar y mejorar la calidad de los datos, y establecer correlaciones entre diferentes conjuntos de datos para

## 50 Simposium Nacional de Alumbrado

Valencia, 22 al 24 de Mayo del 2024

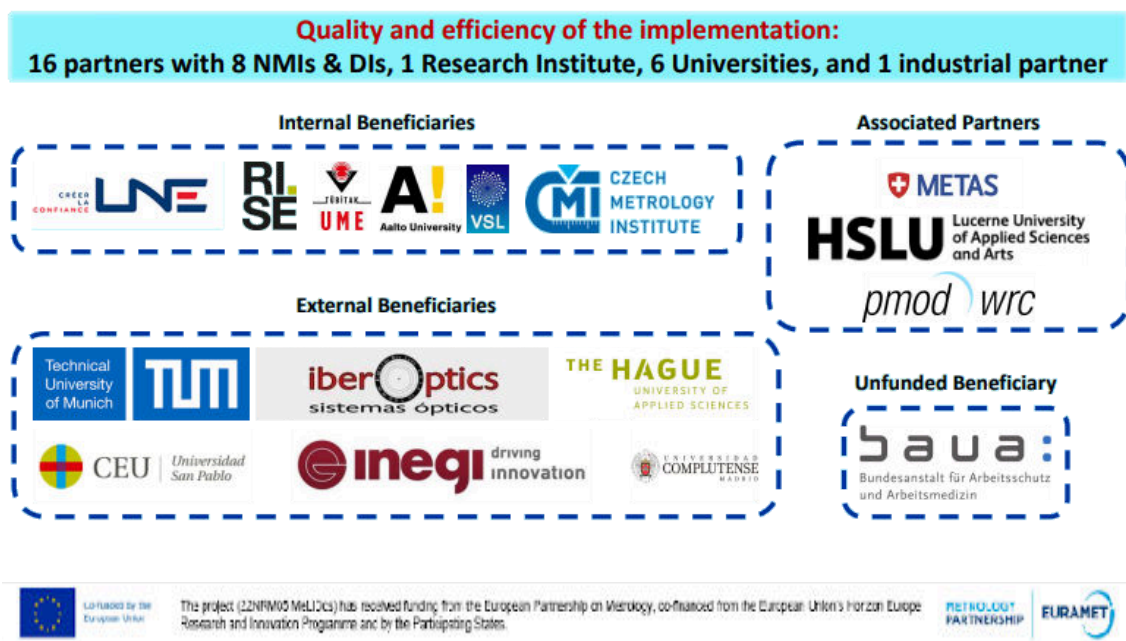
### Ponencia



mejorar la reproducibilidad y hacer más fiables las comparaciones entre diferentes dispositivos.

- Analizar los casos de uso de los registradores de luz portátiles en función de las necesidades del usuario final y, a continuación, formular recomendaciones basadas en estas necesidades sobre el modelo (meta) de datos y formatos de datos, métricas de resumen y el uso práctico de los registradores de luz, incluida la colocación del dispositivo, el cumplimiento y el control de calidad.
- Evaluar el rendimiento de los nuevos dispositivos portátiles capaces de medir cantidades fotobiológicas resueltas espacialmente y compararlos con dispositivos de promedio espacial para determinar su relevancia en función de la aplicación.

Se muestran a continuación los 16 participantes iniciales en el proyecto. Se han incorporado posteriormente dos miembros, originarios de Ghana y Turquía.



Durante los primeros seis meses del proyecto, miembros del grupo han realizado un análisis de las características técnicas de los dosímetros existentes en el mercado para elegir el o los equipos más idóneos para el proyecto. En el mercado hay una gran variedad de dosímetros para llevar sobre la muñeca, sujetos en el pecho o para incorporarlos a una de las varillas de una gafa. Se ha escogido finalmente un solo dosímetro para que los voluntarios lleven en las tres posiciones de medida, a la altura de la córnea, en el pecho y en la muñeca. Paralelamente se está llevando a cabo el desarrollo y validación de nuevos métodos de caracterización y la definición de un conjunto validado de índices de calidad para dosímetros de radiación óptica portátiles, con enfoque en rangos relevantes para la vida diaria visible. Se están desarrollando también estudios cronobiológicos en diferentes ámbitos. Uno de los objetivos finales del proyecto es la creación de directrices sobre buenas prácticas de iluminación para uso de investigadores, arquitectos, instaladores de iluminación, profesionales de la salud y consumidores en particular. Su finalidad es la de poder calcular e interpretar de forma sencilla si la luz visible recibida en interiores se ajusta a la necesaria para el correcto funcionamiento de los biorritmos y el equilibrio circadiano. En definitiva, se pretende conocer mejor los efectos de la luz en la fisiología humana para mejorar la salud y el bienestar global.

Los principales hitos relacionados con la comunicación llevados a cabo durante los primeros meses del proyecto son los siguientes:

Los miembros del consorcio MeLiDos realizaron presentaciones en la Sesión Cuatrienal de la CIE, del 15 al 23 de septiembre de 2023, e interactuaron con las partes interesadas potenciales, en particular en la primera reunión en vivo del JTC 20 de la CIE, estrechamente relacionado, del que forman parte algunos miembros del consorcio.

Ha sido creada una página web por parte del Technical University of Munich (TUM): <https://www.melidos.eu/> donde se van publicando los principales avances del consorcio del proyecto. Cada seis meses se colgará un boletín de noticias con todo lo que se realiza durante ese tiempo.

En noviembre se reunieron online partes interesadas y expertos en las distintas áreas que abarca el proyecto para enriquecer a los miembros del consorcio en el desarrollo de las tareas. Se presentaron los primeros avances y varias partes interesadas ampliaron sus propuestas de colaboración. <https://lnkd.in/dabBNd3Q>

Los miembros del proyecto pertenecientes a la Universidad CEU San Pablo en la Semana de la Ciencia los días 6 y 17 de noviembre de 2023 explicaron a 63 alumnos de 2 colegios los efectos no visuales de la luz y los objetivos de este proyecto.

Ha sido desarrollado el paquete de software LightLogR para el software R tiene como objetivo el desarrollo de un ecosistema de software para facilitar el trabajo con datos de registradores de luz que pueden ser portados, analizarlos y hacerlos FAIR (encontrables, accesibles, interoperables y reutilizables). LightLogR es un trabajo en desarrollo de la Universidad Técnica de Múnich (TUM) que ya soporta una serie de funciones esenciales para la importación desde dispositivos comunes, el tratamiento de lagunas e irregularidades, el cálculo de métricas y las visualizaciones. Esto convierte a LightLogR en un complemento ideal para el flujo de trabajo relacionado con los registradores de luz. Échale un vistazo y ponte en contacto con nosotros. <https://tscnlab.github.io/LightLogR/>

Los tres objetivos del estudio de campo que se van a realizar dentro del proyecto MeLiDos entre marzo de 2024 y marzo de 2025 son los siguientes:

- Caracterizar la exposición individual durante siete días utilizando un medidor de luz a la altura de la córnea situado en una montura de gafa con lentes si graduación, otro sobre el pecho y otro en la muñeca.
- Recoger dicha información de personas en cinco países, Alemania, Holanda, Suecia, España, Ghana y Turquía.
- Investigar las correlaciones entre la exposición de luz recomendada, variables psicológicas tales como el cronotipo y la sensibilidad a la luz y aspectos del comportamiento como hacer ejercicio, estado de ánimo y de alerta.

La protocolización del proceso de toma de medidas se ha plasmado en un artículo que está actualmente en revisión. (Carolina et al, 2024) Se explica brevemente a continuación algunos datos relevantes de dicho protocolo

En relación con el proceso de toma de medidas de luz, los participantes serán seleccionados de acuerdo con criterios de inclusión y exclusión. Estos incluyen parámetros demográficos y de salud mental y física. Entre los criterios de exclusión se encuentran por ejemplo el que sean fumadores, tomen algún tipo de fármaco para la inducción al sueño, tengan significativas alteraciones del sueño, tener niños pequeños. La ingesta de cualquier droga y/o medicamento que se sepa que influye en la fotosensibilidad se considerará también un criterio de exclusión. Los individuos con

visión corregida que necesiten gafas graduadas durante la semana experimental serán excluidos debido a la incompatibilidad con nuestras gafas de luz. Los individuos que porten lentes de contacto o gafas graduadas que puedan y estén dispuestos a llevar lentes de contacto graduadas durante la semana experimental, podrán participar en nuestro estudio.

Por último, sólo se aceptarán para este estudio las personas que residan en o cerca (<60 km) de los centros locales de cada ubicación geográfica durante los días laborables (de lunes a viernes) del experimento para que las condiciones ambientales de los participantes en cada centro de medición sean similares. Todos los criterios de inclusión y exclusión mencionados anteriormente se evaluarán mediante autoinforme a través de una plataforma en línea desarrollada a tal efecto (Research Electronic Data Capture, REDCap; (Harris et al., 2009, 2022)).

Los criterios de elegibilidad utilizados pueden modificarse para estudios en los que el objetivo sea evaluar a una población diferente. Los participantes se reclutarán por autoselección a través de anuncios que se publicarán en los centros locales (España: FUSP-CEU, Suecia: RISE, Países Bajos: THUAS, Alemania: BAuA, TUM, Turquía: IZTECH), así como en boletines locales. Los participantes interesados en el estudio serán dirigidos a una plataforma en línea (REDCap) para la encuesta de selección inicial. Durante esta fase de selección se proporcionará información detallada sobre el estudio y su objetivo. Los criterios de inclusión y exclusión se comprobarán mediante un cuestionario en la misma plataforma en línea. Este cuestionario también recogerá datos demográficos (edad, sexo, lengua(s) materna(s) y situación profesional). Si cumplen los requisitos para participar en el estudio, los experimentadores se pondrán en contacto con los participantes para acordar posibles fechas de participación y tratar cualquier otra cuestión. Además, se les enviará una imagen del aspecto del registrador luminoso y se les preguntará si se sienten cómodos llevándolo durante toda la semana experimental. También se les informará de la disponibilidad de los investigadores durante todo el experimento en caso de dudas o problemas técnicos con el registrador de luz.

Los participantes serán compensados al final del estudio en función de su cumplimiento del procedimiento experimental: por cada día de uso del registrador de luz durante al menos el 80% de sus horas de vigilia (según la definición del Cuestionario de Cronotipo de Munich; MCTQ) (Roenneberg et al., 2015). Los voluntarios recibirán una compensación económica, de forma que los que se adhieran a toda la duración del experimento recibirán más que los que se adhieran, por ejemplo, sólo a cuatro de los siete días experimentales. Los porcentajes de compensación económica dependerán de cada lugar de medición y de las costumbres locales.

La recogida de datos puede terminar tras alcanzar al menos  $n=15$  por sitio, con un objetivo de  $n=30$ . Los investigadores pondrán fin al estudio para un participante individual en caso de problemas técnicos que no permitan continuar con el experimento, por ejemplo, cuando el registrador de luz no funcione como se esperaba.

El intervalo de muestreo de cada registrador de luz se fijará en 10 segundos para obtener datos de alta resolución temporal, y los dispositivos nunca se apagarán ni se cargarán durante la semana experimental. Los datos de exposición a la luz de cada participante sólo se descargarán cuando se devuelvan los dispositivos el octavo día. La elección de los registradores de luz utilizados aquí puede variar en función de la disponibilidad. Como el uso de gafas sin graduación sigue requiriendo el uso de lentes sin potencia óptica, las propiedades de transmitancia de las lentes se medirán entre

250 y 2500 nm. Uno de los registradores de luz se llevará en la muñeca. El dosímetro mide el movimiento mediante un acelerómetro triaxial integrado y se utiliza en estudios de campo como el nuestro para distinguir el tiempo de vigilia y de sueño. Se indicará a los participantes que lleven el dispositivo en la muñeca durante el día y la noche y que sólo se lo quiten cuando estén en contacto con el agua y durante la práctica de deportes de contacto.

### **Conclusiones**

Dieciocho entidades de doce países, dedicadas a la investigación y el desarrollo, se han unido a través del proyecto MeLiDos, apoyado por EURAMET (Asociación Europea de Institutos Nacionales de Metrología), para abordar esta cuestión.

Los principales objetivos del proyecto MeLiDos son subsanar las deficiencias de las prácticas actuales en relación con los dispositivos de registro de luz, proporcionando un enfoque sistemático basado en la metrología tanto para su caracterización como para su uso.

La selección de los dosímetros es compleja, debido a la gran variedad de modelos que presentan diferentes ángulos de apertura, diferente número de canales y niveles de saturación entre otros.

### **Bibliografía**

Blume, C., Garbazza, C., & Spitschan, M. (2019). Effects of light on human circadian rhythms, sleep and mood. *Somnologie*, 23(3), 147–156. <https://doi.org/10.1007/s11818-019-00215-x>

Carolina Guidolin, Ljiljana Udovicic, Kai Broszio, David Baeza, Sofia Melero-Tur, Guadalupe Cantarero-García, Roberto Alonso González-Lezcano, Sam Aerts, John Bolte, Hongli Joosten-Ma, Maria Nilsson Tengelin, Oliver Stefan, Altug Didikoglu, Johannes Zauner, Manuel Spitschan. (2024). Protocol for a prospective, multi-centric, cross-sectional cohort study to assess personal light exposure. *Medrxiv*. DOI: [10.1101/2024.02.11.24302663](https://doi.org/10.1101/2024.02.11.24302663)

Cibeira et al. (2021). *Healthcare | Free Full-Text | Bright Light Therapy in Older Adults with Moderate to Very Severe Dementia: Immediate Effects on Behavior, Mood, and Physiological parameters*. <https://www.mdpi.com/2227-9032/9/8/1065>

CIE S 026:2018: “CIE System for Metrology of Optical Radiation for ipRGC-Influenced Responses to Light”

Didikoglu, A., Mohammadian, N., Johnson, S., Van Tongeren, M., Wright, P., Casson, A. J., Brown, T.M., & Lucas, R. J. (2023). Associations between light exposure and sleep timing and sleepiness while awake in a sample of UK adults in everyday life. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(42), e2301608120. <https://doi.org/10.1073/pnas.2301608120>

Harris, P. A., Taylor, R., Minor, B. L., Elliott, V., Fernandez, M., O’Neal, L., McLeod, L., Delacqua, G., Delacqua, F., Kirby, J., & Duda, S. N. (2019). The REDCap consortium: Building an international community of software platform partners. *Journal of Biomedical Informatics*, 95, 103208. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2019.103208>

Harris, P. A., Taylor, R., Thielke, R., Payne, J., Gonzalez, N., & Conde, J. G. (2009). Research electronic data capture (REDCap)—A metadata-driven methodology and workflow process for providing translational research informatics support. *Journal of Biomedical Informatics*, 42(2), 377–381. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2008.08.010>

Hartmeyer, S., Webler, F., & Andersen, M. (2022). Towards a framework for light-dosimetry studies: Methodological considerations. *Lighting Research & Technology*, 14771535221103258. <https://doi.org/10.1177/14771535221103258>

Hartmeyer, S., & Andersen, M. (2023). Towards a framework for light-dosimetry studies: Quantification metrics. *Lighting Research & Technology*, 147715352311705. <https://doi.org/10.1177/14771535231170500>

Lok et al. (n.d.). *Light, Alertness, and Alerting Effects of White Light: A Literature Overview—Renske Lok, Karin C. H. J. Smolders, Domien G. M. Beersma, Yvonne A. W. de Kort, 2018*. Retrieved August 2, 2023, from <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0748730418796443>

Lok, R., Ancoli-Israel, S., Ensrud, K. E., Redline, S., Stone, K. L., & Zeitzer, J. M. (2023). Timing of outdoor light exposure is associated with sleep-wake consolidation in community-dwelling older men. *Frontiers in Sleep*, 2, 1268379. <https://doi.org/10.3389/frsle.2023.1268379>

Lunn, R. M., Blask, D. E., Coogan, A. N., Figueiro, M. G., Gorman, M. R., Hall, J. E., Hansen, J., Nelson, R. J., Panda, S., Smolensky, M. H., Stevens, R. G., Turek, F. W., Vermeulen, R., Carreón, T., Caruso, C. C., Lawson, C. C., Thayer, K. A., Twery, M. J., Ewens, A. D., ... Boyd, W. A. (2017). Health consequences of electric lighting practices in the modern world: A report on the National Toxicology Program's workshop on shift work at night, artificial light at night, and circadian disruption. *The Science of the Total Environment*, 607–608, 1073–1084. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.056>

Mead, M. P., Reid, K. J., & Knutson, K. L. (2023). Night-to-night associations between light exposure and sleep health. *Journal of Sleep Research*, 32(2), e13620. <https://doi.org/10.1111/jsr.13620>

Moreno, C. R. C., Marqueze, E. C., Sargent, C., Jr, K. P. W., Ferguson, S. A., & Tucker, P. (2019). Working Time Society consensus statements: Evidence-based effects of shift work on physical and mental health. *Industrial Health*, 57(2), 139–157. <https://doi.org/10.2486/indhealth.SW-1>

Reid, K. J., Santostasi, G., Baron, K. G., Wilson, J., Kang, J., & Zee, P. C. (2014). Timing and intensity of light correlate with body weight in adults. *PLoS One*, 9(4), e92251. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0092251>

Roenneberg, T., Keller, L. K., Fischer, D., Matura, J. L., Vetter, C., & Winnebeck, E. C. (2015). Human activity and rest in situ. *Methods in Enzymology*, 552, 257–283. <https://doi.org/10.1016/bs.mie.2014.11.028>

Siraji, M. A., Lazar, R. R., van Duijnhoven, J., Schlangen, L. J. M., Haque, S., Kalavally, V., Vetter, C., Glickman, G. L., Smolders, K. C. H. J., & Spitschan, M. (2023). An inventory of human light exposure behaviour. *Scientific Reports*, 13(1), 22151. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-48241-y>

Siraji, M. A., Spitschan, M., Kalavally, V., & Haque, S. (2023). Light exposure behaviors predict mood, memory and sleep quality. *Scientific Reports*, 13(1), 12425. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-39636-y>

Spitschan, M., Smolders, K., Vandendriessche, B., Bent, B., Bakker, J. P., Rodriguez-Chavez, I. R., & Vetter, C. (2022). Verification, analytical validation and clinical validation (V3) of wearable dosimeters and light loggers. *Digital Health*, 8, 20552076221144858. <https://doi.org/10.1177/20552076221144858>

## 50 Simposium Nacional de Alumbrado

Valencia, 22 al 24 de Mayo del 2024

**Ponencia**



Wams, E. J., Woelders, T., Marring, I., van Rosmalen, L., Beersma, D. G. M., Gordijn, M. C. M., & Hut, R. A. (2017). Linking Light Exposure and Subsequent Sleep: A Field Polysomnography Study in Humans. *Sleep*, 40(12).  
<https://doi.org/10.1093/sleep/zsx165>