

RETOS EN LA LUCHA CONTRA LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

por DAVID GALADÍ-ENRÍQUEZ*, BLANCA TROUGHTON**, M.R. LÓPEZ-RAMÍREZ***

* DEPARTAMENTO DE FÍSICA, UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

** MATEMÁTICA, DIVULGADORA Y ARTISTA

*** DEPARTAMENTO DE QUÍMICA FÍSICA, FACULTAD DE CIENCIAS (UMA)

MRLOPEZ@UMA.ES

Palabras clave: contaminación lumínica, Dark-Sky Association (IDA), Fundación Starlight, legislación ambiental, ciencia ciudadana.

Keywords: light pollution, Dark-Sky Association (IDA), Starlight Foundation, environmental regulation, citizen science.

Resumen: El cielo es el paisaje cultural más común y ancestral a todas las civilizaciones del mundo y el hecho de que todos compartamos inquietudes relacionadas con el origen y el destino del universo es en realidad el verdadero Patrimonio de la Humanidad. Desde el descubrimiento de la luz artificial eléctrica en 1879 por Thomas Edison hasta nuestros días, la tecnología de luminarias y lámparas ha experimentado un enorme avance adaptándose a todas las necesidades del entorno y de los seres humanos, suponiendo un salto exponencial en el desarrollo y bienestar de la sociedad, aunque su uso abusivo y en muchos casos descontrolado, ha convertido un elemento de progreso en una amenaza para preservar los ciclos naturales de los seres vivos.

Abstract: *The sky is the most common and ancient cultural landscape shared by all civilizations across the world. The fact that we all share concerns related to the origin and destiny of the universe is, in truth, the genuine Heritage of Humanity. Since the invention of electric artificial light in 1879 by Thomas Edison, lighting technologies and systems have undergone tremendous advancements, adapting to the diverse needs of both the environment and human beings. This progress has marked an exponential leap in societal development and well-being. However, its excessive and often uncontrolled use has turned what was once a symbol of progress into a threat to the preservation of the natural cycles of living organisms.*

La contaminación lumínica y sus consecuencias

Con anterioridad al s. XX la mayoría de la población reconocía y podía identificar objetos celestes más o menos brillantes en el cielo pues, de forma natural, la única luz nocturna que se recibía provenía de los objetos celestes y de la Luna. El segundo objeto más brillante del cielo nocturno era el planeta Venus y le seguían Júpiter, Sirio, Canopus, Marte y Mercurio. En este panorama muchos descubrimientos se llevaron a cabo con observaciones directas del cielo nocturno cuya importancia ha sentado las bases de la astronomía moderna. En cambio, hoy día todo es muy distinto y puede afirmarse que una tercera parte de la población no ha visto nunca la Vía Láctea debido a la contaminación lumínica (Figura 1).

La definición de contaminación lumínica ha sido históricamente un tema bastante controvertido, aunque en términos generales se acepta actualmente que supone una alteración de la oscuridad natural del medio nocturno originada por fuentes artificiales

de luz [2]. Aunque no produce una contaminación de efectos nocivos inminentes, hay dos características que la convierten en un agente contaminante dañino: por un lado, su capacidad para propagarse en todas direcciones y, por otro, la velocidad con la que lo hace, próxima a la velocidad de la luz. Así, los efectos perjudiciales de la luz artificial en la naturaleza están demostrados independientemente de la eficiencia de los sistemas de iluminación que la produzcan [3,4]. En este sentido, el tipo de iluminación exterior ha experimentado grandes cambios pasando de lámparas de espectro estrecho (por ejemplo, sodio de baja presión) a lámparas de ancho espectro [*Light-emitting diode* (LED)], lo que ha ocasionado un incremento de las emisiones en la parte azul del espectro visible [5,6]. La mayor eficiencia energética y reducciones asociadas al consumo de energía del uso de LED contrastan con los cambios intencionados en la composición espectral de sus emisiones, que a menudo se vuelven más blancas, con el propósito de suministrar una mejor reproducción cromática para la visión humana.



Figura 1. Efecto de la luz artificial en el cielo nocturno. Fuente: International Dark-Sky Association.

Como han demostrado las investigaciones de Alejandro Sánchez de Miguel y otros [7] durante la última década, los cambios espectrales se han generalizado

en toda Europa y ha habido un blanqueamiento pronunciado de la luz artificial que está erosionando los ciclos nocturnos naturales en todo el continente lo que ocasiona una mayor probabilidad de impactos biológicos negativos. Para obtener estos resultados han expresado las emisiones de luz artificial nocturnas obtenidas a partir de imágenes tomadas con cámaras digitales por astronautas desde la Estación Espacial Internacional, como *ratios* azul/verde (B/G) y verde/rojo (G/R) que revelan características clave de la variación espacial y temporal en el espectro de la luz artificial. En toda Europa hubo cambios sistemáticos en las distribuciones de frecuencia B/G y, en particular, las relaciones de las *ratios* G/R entre dos períodos de tiempo seleccionados (Figura 2), con el resultado de aumentos tanto en los valores de las *ratios* B/G como G/R debido fundamentalmente a la instalación de iluminación LED, sobre todo en las grandes ciudades.

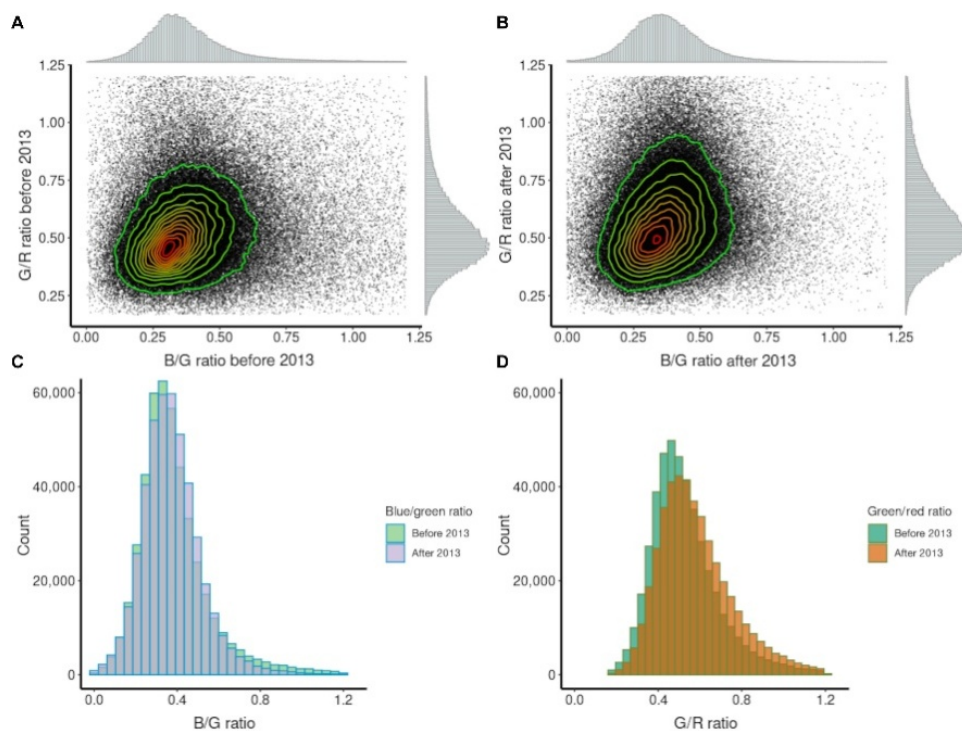


Figura 2. Cambio temporal en las *ratios* B/G y G/R de las emisiones de luz nocturna en toda Europa para (A) 2012-2013 y (B) 2014-2020. Los contornos muestran la densidad de puntos, en rojo se muestra la densidad más alta y en verde la densidad más baja. Histogramas de las frecuencias en píxeles de 500 m con diferentes relaciones (C) B/G y (D) G/R para 2012-2013 y 2014-2020 [7].

Estos cambios influirán en los ciclos nocturnos de muchas especies incluidos los seres humanos, existiendo al mismo tiempo la inquietante preocupación de que la pérdida de visibilidad del cielo nocturno natural pueda tener un impacto en el sentido de la «naturaleza» de las personas y de su lugar en el universo, así como el consecuente perjuicio científico en las observaciones astronómicas [8,9] que, actualmen-

te, se están empeorando considerablemente con el aumento de las constelaciones de satélites artificiales [10].

El desafío legislativo

La contaminación lumínica tiene su origen en instalaciones de alumbrado que se diseñan y ejecutan

en los ámbitos de la arquitectura y el urbanismo, un conjunto de actividades sometido a normativas legales muy estrictas. Por eso parece razonable proponer que el control de la contaminación lumínica se aborde introduciendo restricciones específicas en las normas que rigen las instalaciones de alumbrado. Las primeras normas sobre contaminación lumínica en España surgieron a nivel municipal, en forma de ordenanzas como la de Tàrraga (Lérida), en la última década del siglo XX. La isla de La Palma y parte de la de Tenerife cuentan con una norma, la «ley del cielo», de carácter exclusivamente astronómico y de alcance limitado. El conocimiento del problema condujo, con el paso del tiempo, a la aparición de normas autonómicas (recordemos que en España las competencias en medio ambiente están transferidas a las administraciones regionales). Así, hoy día cuentan con legislación sobre contaminación lumínica [11] siete comunidades: Cataluña (precursora en este caso), Baleares, Navarra, Cantabria, Andalucía, Castilla y León, Extremadura. En el caso andaluz, la contaminación lumínica se incluye en la Ley de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, del año 2007. El escaso interés político del tema queda más que claro cuando se observa que la parte de contaminación lumínica de esa norma tuvo que esperar a febrero de 2025 para contar con desarrollo reglamentario [12], dieciocho años después. A nivel de todo el país solo existen normativas de carácter industrial y constructivo, como el Real Decreto 1890/2008 [13] sobre «eficiencia energética», el cual es posible que se renueve próximamente, pero sin cambiar el enfoque que lo vincula a la industria. Ninguna legislación existente ha logrado que se reduzca la contaminación lumínica, que sigue aumentando incluso en los territorios dotados de las normas más restrictivas, como puede ser el caso de la isla de La Palma. Todas las normas vigentes en el mundo, lo cual incluye las españolas, adoptan un enfoque «punto a punto», en el sentido de que establecen restricciones sobre las características de cada punto de luz o de cada instalación completa (nivel de iluminancia, uniformidad, etc.), pero no fijan ningún límite global, con lo que hay vía libre para el incremento continuo de la cantidad de luz inyectada en el medio natural, una contaminación que, eso sí, se produce en luminarias cada vez más eficientes y mejor diseñadas de manera individual. Los estudios sobre contaminación lumínica se vienen esforzando, desde hace décadas, por situar este problema ambiental en el marco que le corresponde, el de la contaminación de la atmósfera por agentes físicos. Identificar la contaminación lumínica como una dimensión más de la polución ambiental tiene grandes implicaciones desde el punto de vista

científico, pero tiene mucho mayor alcance cuando se consideran sus implicaciones desde el punto de vista legal. Es necesario, ante todo, sacar el asunto fuera de la legislación industrial para devolverlo íntegramente al ámbito de la normativa ambiental. También parece imprescindible que las normas sobre contaminación lumínica sigan los mismos patrones que la regulación de otros agentes contaminantes atmosféricos y se pase de una normativa «punto a punto» a una regulación global, que establezca límites máximos sobre la concentración de fotones en la atmósfera (de acuerdo con métricas que están por definir) así como cuotas territoriales de emisiones según la población y la extensión. Para que se adopte este enfoque, que es nuevo en contaminación lumínica pero el pan nuestro de cada día [14] en otros problemas ambientales, sería muy conveniente que se estableciera un marco legislativo superior a nivel de la Unión Europea. Esta regulación europea por ahora no existe [15]. La ley por sí sola puede tener algún efecto, pero solo puede ser totalmente efectiva si se cuenta con una ciudadanía concienciada. Por eso, la introducción de leyes, normas y ordenanzas debería ir siempre acompañada de acciones sistemáticas y prolongadas en el tiempo para la difusión del problema, sus causas, consecuencias y soluciones. La contaminación lumínica tiene aspectos físicos, biológicos, médicos, de gestión de la energía y legales, pero sigue siendo, en primer lugar, un problema de comunicación social de la ciencia.

Entidades y herramientas involucradas en la lucha contra la contaminación lumínica

Durante las noches sin luna lejos de las urbes, la luminancia del fondo del cielo es de aproximadamente 22 mag/arc-sec^2 en la banda V de Johnson-Cousins, que es el sistema fotométrico más conocido. Este valor puede verse afectado por pequeños aumentos en el brillo que degradan de forma considerable la calidad del cielo nocturno [8], pasando de poder observar unas 2500 estrellas en un cielo oscuro a apenas unas 25 desde una ciudad. Si bien la contaminación lumínica se termina de forma brusca apagando la luz y de forma inteligente haciendo un uso racional y sostenible de la misma, las consecuencias futuras de su mal uso serán irremediables afectando a la pérdida cultural y de biodiversidad. «Sin cielo no hay planeta» apunta la astrofísica Antonia Varela, investigadora del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), quien sostiene la necesidad de crear un pacto mundial en defensa del cielo. Observatorios, industria, comunidades astronómicas y responsables políticos nacionales e internacionales deben de trabajar de forma coordinada para reducir el impacto de la contaminación lumínica

[16]. Además del esfuerzo de los profesionales, es muy importante la colaboración ciudadana y por ello se han desarrollado proyectos de divulgación científica que invitan a la población a determinar el impacto de la contaminación lumínica con la ayuda de aplicaciones para teléfonos móviles inteligentes. Bien tomando fotografías de los espectros de emisión de las farolas a pie de calle con «Street Spectra» mediante una

red de difracción de bajo costo, o bien a simple vista observando las estrellas como «Globe at Night», la «Pérdida de la Noche» o «Vigilantes de la Noche». Éste último tiene la ventaja de mostrar al observador diferentes mapas con las estrellas visibles alrededor de su cenit lo que permite comparar resultados de forma homogénea.

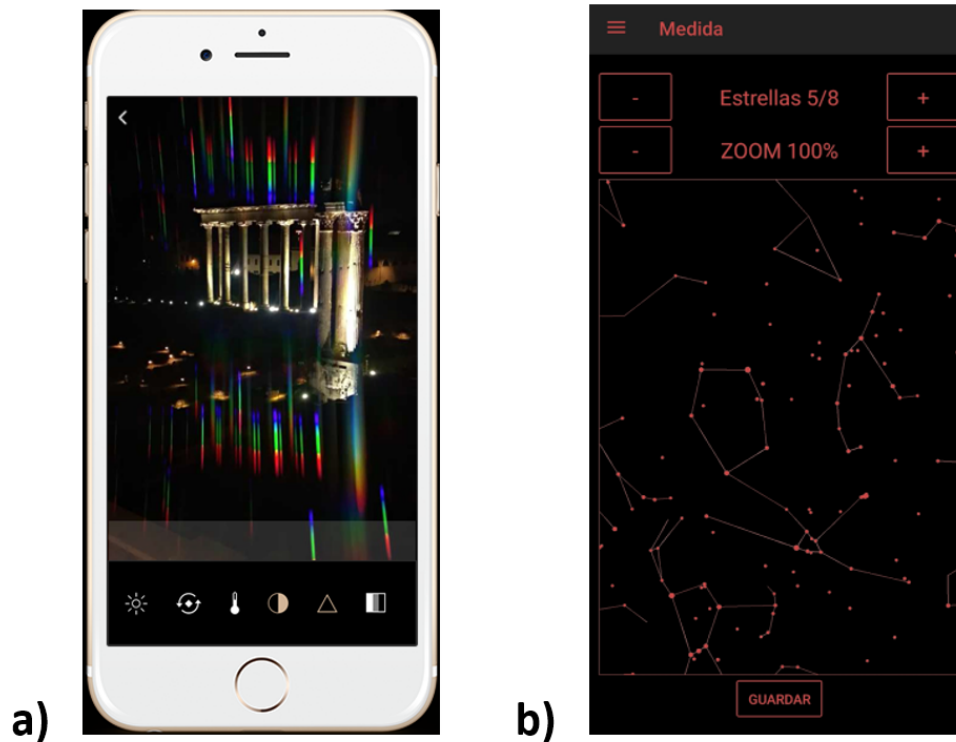


Figura 3. Espectros de farolas usando la aplicación «Street Spectra» (a) y medida de la magnitud de brillo del fondo del cielo usando la aplicación «Vigilantes de la Noche» (b).

La participación masiva es muy importante, ya que la media aritmética nos dará un valor muy fiable de la contaminación lumínica en la zona y permite seguir su evolución temporal y se sabe que ha aumentado casi un 50 % en sólo 25 años [17]. Este hecho ha impulsado otros proyectos de ciencia ciudadana como «Cities at Night» que está elaborando el primer atlas nocturno de la Tierra en color verdadero con la ayuda de miles de voluntarios, que localizan y georreferencian las imágenes nocturnas de la Tierra obtenidas por los astronautas desde la ISS. En España contamos con importantes entidades en pro de la defensa y cuidado del cielo valorándolo como recurso cultural, medioambiental, turístico y científico. Entre ellas, la Fundación Starlight ha creado las Certificaciones Starlight para impulsar y valorar el cielo como recurso económico sostenible local a través del astroturismo garantizando el disfrute de ver las estrellas. En el IAA-CSIC la Oficina de Calidad del Cielo es dinamizadora en Andalucía del cielo como

recurso generador de empleo a través del astroturismo como sector emergente, sostenible y de calidad, a la vez que aconsejan cómo hacer un uso racional de la iluminación para permitir un ahorro energético y proteger las especies que necesitan la oscuridad para sobrevivir. Por su parte la Federación de Asociaciones Astronómicas de España (FAAE) contribuye a estas acciones con la creación del certificado de Divulgadores Astronómicos. La asociación independiente Cel Fosc, que tiene entre sus objetivos influir en los ciudadanos para mejorar el alumbrado público y privado, aumentar la seguridad vial y vigilar el buen uso de los impuestos malgastados en instalaciones de iluminación deficientes, junto con la FAAE, han publicado el video «La contaminación lumínica depende de nosotros» basada en la exposición itinerante con el mismo nombre que está disponible de forma gratuita. Finalmente, es importante destacar que a nivel global la International Dark-Sky Association (IDA) y la UNESCO proponen eventos para la celebración

de la Semana Internacional del Cielo Oscuro y el Día Internacional de la Luz, respectivamente. Por otro lado, en los países de habla hispana la FAAE fomenta estas celebraciones con la convocatoria anual del concurso de frases sobre cielo oscuro para concienciar a la población.

Herramientas y páginas web específicas para ampliar información sobre contaminación lumínica:

<https://vigilantesdelanoche.uma.es/>
<https://globeatnight.org/>
<https://lossofthenight.blogspot.com/>
<https://citiesatnight.org/>
<https://www.celfosc.org>
<https://idsw.darksky.org>
<https://www.lightday.org>
<https://fundacionstarlight.org>
<https://www.iaa.csic.es/page/starlight>
<https://federacionastronomica.es>

Referencias

- [1] Gaston K.J. y otros. Impacts of artificial light at night on biological timings. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 48: 49–68, 2017.
- [2] Mizon, B. Light pollution: responses and remedies. *Springer Science & Business Media*, 2012.
- [3] Longcore, T. y Rodríguez, A. Rapid assessment of lamp spectrum to quantify ecological effects of light at night. *Journal of Experimental zoology. Part A, Ecological and Integrative Physiology* 329 (8-0): 511-521, 2018.
- [4] Longcore, T. y Rich, C. Ecological light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment* 2: 191–198, 2004.
- [5] Donatello S y otros. Revision of the EU Green Public Procurement Criteria for Road Lighting and Traffic Signals (Publications Office of the European Union), 2019.
- [6] Schulte-Römer N. y otros. The LED paradox: How light pollution challenges experts to reconsider sustainable lighting. *Sustainability* 11: 6160, 2019.
- [7] Sánchez de Miguel A. y otros. Environmental risks from artificial nighttime lighting widespread and increasing across Europe. *Science Advances* 8, Issue 37, 2022.
- [8] Falchi F y otros. The new world atlas of artificial night sky brightness. *Sci. Adv.* 2: e1600377, 2016.
- [9] UN, Recommendations to Keep Dark and Quiet Skies for Science and Society (2021); https://www.unoosa.org/oosa/oosadoc/data/documents/2021/aac.105c.12021crp/aac.105c.12021crp.17_0.html (accedido 3 jun 2025).
- [10] Hainaut O. y Williams A.P., Impact of satellite constellations on astronomical observations with ESO telescopes in the visible and infrared domains. *Astronomy & Astrophysics* 636: A121, 2020, https://www.aanda.org/articles/aa/full_html/2020/04/aa37501-20/aa37501-20.html (accedido 3 jun 2025)
- [11] Red Española de Estudios sobre la Contaminación Lumínica (REECL), «Legislación española», <https://guaix.fis.ucm.es/reelcl/legislacion> (accedido 3 jun 2025).
- [12] Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, número 31 – viernes, 14 de febrero de 2025, página 2030, https://www.juntadeandalucia.es/eboja/2025/31/BOJA25-031-00025-2030-01_00315639.pdf (accedido 3 jun 2025).
- [13] Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado, «Legislación consolidada», Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07, <https://www.boe.es/eli/es/rd/2008/11/14/1890/con> (accedido 3 jun 2025).
- [14] Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2011), Guía de la normativa estatal sobre emisiones a la atmósfera. Ley 34/2007 y Real Decreto 100/2011, NIPO: 770-11-347-1, (accedido 3 jun 2025).
- [15] DarkSky (2022), Pursuing Europe-wide action on light pollution, <https://www.darksky.org/pursuing-europe-wide-action-on-light-pollution/>, (accedido 3 jun 2025).
- [16] Varela Pérez, A. «The increasing effects of light pollution on professional and amateur astronomy» *Science*, 380 (6650): 1136-1140, 2023.
- [17] Sánchez de Miguel, A. y otros. «First Estimation of Global Trends in Nocturnal Power Emissions Reveals Acceleration of Light Pollution». *Remote Sensing*, 13(16): 3311, 2021.