

EL PROBLEMA DE LA INTRUSIÓN LUMÍNICA EN UNA PEQUEÑA POBLACIÓN. EL CASO DE ARTESA DE SEGRE (LLEIDA)

THE PROBLEM OF LIGHT INTRUSION IN A SMALL TOWN. THE CASE OF ARTESA DE SEGRE (LLEIDA)

María del Carmen Moreno-García¹ y David Galcerán Vila²

Recibido: 24/03/2025 · Aceptado: 26/06/2025

DOI: <https://doi.org/10.5944/etfvi.18.2025.44960>

Resumen

En el artículo se analiza el problema de la contaminación lumínica en una pequeña población de Cataluña como es el caso de Artesa de Segre (Lleida), centrándose especialmente en la intrusión lumínica causada por el alumbrado público. La contaminación lumínica en conjunto afecta negativamente no solo a la astronomía, sino también a la salud humana y los ecosistemas. Mediante el trabajo de campo efectuado se han evaluado hasta un total de 46 calles del municipio, identificando en los recorridos nocturnos los puntos críticos donde la luz artificial penetra en los hogares, alterando el descanso nocturno. Se observa que los modelos de farolas de pared y esféricas son los principales causantes de la intrusión lumínica y la difusión de luz hacia el cielo. A pesar de estar en una zona de máxima protección lumínica (E1) por su proximidad al Parque Astronómico del Montsec, el municipio de Artesa de Segre necesita mejorar su alumbrado público para reducir la contaminación lumínica, con la aplicación de algunas medidas correctoras y de adaptación como la adopción de lámparas más eficientes energéticamente y una disposición de las farolas a una altura y con una orientación más adecuada.

Palabras clave

Intrusión lumínica; contaminación lumínica; alumbrado público; Artesa de Segre (Lleida)

Abstract

This article analyzes the problem of light pollution in Artesa de Segre, a small town in Catalonia (Lleida), focusing specifically on light intrusion caused by street lighting. Light pollution negatively affects not only astronomy but also human

-
1. Departamento de Geografía, Universitat de Barcelona; mcmoreno@ub.edu
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8771-5129>
 2. Geógrafo, Universitat de Barcelona; galceranvilad@gmail.com

health and ecosystems. Through fieldwork, a total of 46 streets in the municipality were evaluated, identifying critical points along nighttime transects where artificial light penetrates homes, disrupting nighttime sleep. It is observed that wall-mounted and spherical streetlights are the main causes of light intrusion and light diffusion into the sky. Despite being in a maximum light protection zone (E1) due to its proximity to the Montsec Astronomical Park, the municipality of Artesa de Segre needs to improve its public lighting to reduce light pollution, with the application of some corrective and adaptation measures such as the adoption of more energy-efficient lamps and arranging the streetlights at a more appropriate height and orientation.

Keywords

Light intrusion; light pollution; street lighting; Artesa de Segre (Lleida)

.....

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación lumínica consiste en la emisión de luz de fuentes artificiales nocturnas, tanto en intensidad como en dirección, horario o rangos espectrales, innecesaria para la realización de las actividades previstas en el lugar donde se han instalado dichas fuentes. Esta contaminación se detecta, frecuentemente, como el brillo del cielo nocturno, producido por la mala calidad del alumbrado exterior, ya sea público o privado, que hace que la luz no se aproveche bien para iluminar el suelo o las calles y se refleje hacia arriba en dirección al cielo (Schreuder, 1987). Este hecho causa que la oscuridad natural de la noche disminuya y desaparezca progresivamente la luz de las estrellas y astros, creando un cielo turbio. En muchas ciudades se ha podido cuantificar el aumento de este brillo del cielo nocturno, provocado por la iluminación artificial, como sería en el caso de Managua (García Montano et al., 2020), en Centroamérica, o en ciudades de Países Bajos (Schreuder, 2001), por citar tan solo unos pocos ejemplos. Además, en el caso de ciudades o grandes áreas urbanizadas, la abundancia de partículas en suspensión procedentes de las emisiones contaminantes de los automóviles aumenta la dispersión de la luz, de tal forma que, cuanto más contaminado esté el aire de la ciudad, más intenso es el fenómeno.

En España la contaminación lumínica resulta también un problema ambiental frecuente en muchas ciudades y áreas urbanas del país, aunque se trata todavía de un tema que requiere de muchos más estudios. De entre los ya realizados, puede citarse como ejemplo la cartografía del brillo del cielo nocturno de Madrid y alrededores, que hizo Sánchez de Miguel (2016) a partir de miles de observaciones efectuadas desde un automóvil usando una técnica desarrollada exprofeso.

Según la Asociación Internacional del Cielo Oscuro (IDA, en inglés), la contaminación lumínica incluye no solo este brillo del cielo, sino también el deslumbramiento y la intrusión lumínica (Pelegrina, 2022; Pelegrina et al, 2024). En un principio, la concienciación sobre la contaminación lumínica como problema surge a partir de finales de la década de los 70 del siglo XX, sobre todo, por sus efectos en la astronomía. Pero, evidentemente, la contaminación lumínica tiene muchos más efectos. Ya desde hace un tiempo se consideran también otros como los que afectan a los ecosistemas y animales, y la salud y bienestar de las personas, además también de los de tipo económico, a partir del uso excesivo e innecesario de energía.

Aparte de la difusión o reflectividad hacia el cielo y del deslumbramiento, otro de los efectos más destacados causados por la contaminación lumínica es el de la llamada intrusión lumínica (Lewin, 1999; Lewin, 2000). Esta se produce cuando la luz procedente del alumbrado de las calles penetra por las ventanas hacia el interior de los hogares, convirtiéndose en un problema ya que puede generar alteraciones en el descanso nocturno, causando insomnio, estrés, nerviosismo y cansancio, así como otras alteraciones del ámbito cotidiano (Chao et al., 2011; Sim et al., 2016). Lo cierto es que no hay una conciencia muy generalizada sobre esta problemática entre la población, por lo que casi nunca se denuncia a no ser que sea una zona muy iluminada por la gran concentración de paneles luminosos o de alumbrado público en un mismo lugar. Se podría pensar que este problema se soluciona fácilmente

con un simple cierre de persianas, pero eso no es tan sencillo; hay que tener en cuenta que muchas veces, y en los últimos tiempos, cada vez más, el incremento observado en las temperaturas nocturnas estivales (Martín-Vide y Moreno-García, 2024), además de poder causar graves efectos en la salud, obliga también, si no se dispone de aparatos de aire acondicionado, a tener las ventanas abiertas por las que puede penetrar toda la luz, sin ningún impedimento.

Este alumbrado contaminante genera, asimismo, un consumo energético innecesario. Se debe iluminar adecuadamente y en función de las necesidades específicas de cada lugar, consiguiendo así un ahorro energético e indirectamente también, una reducción de los agentes contaminantes residuales. El sobreconsumo es muy habitual, sobre todo, en las grandes ciudades, especialmente en la iluminación exterior de edificios comerciales y de monumentos, entre otros. En muchas ocasiones, es inevitable que estas instalaciones dispongan de este tipo de iluminación, pero se debe adecuarlo y, en concreto, limitar su uso apagando todo o, al menos una parte, después de medianoche, para intentar reducir de esta forma el derroche energético.

Las lámparas más utilizadas en el alumbrado exterior hasta hace poco tiempo eran las de vapor de mercurio, aunque en la actualidad están en desuso, ya que no son las más eficientes y se han sustituido por otros tipos. Las de vapor de sodio de alta presión tienen una eficiencia energética bastante superior, lo que ha generado que cada vez se estén utilizando más. Sin embargo, los tipos de lámparas más eficientes son las de vapor de sodio de baja presión, que, si bien producen una cierta pérdida en la reproducción del color, éstas se están implantando también en muchos municipios y zonas urbanas. El tipo de lámparas más nuevo e innovador, las LED, han comenzado a introducirse en algunos proyectos en iluminación, teniendo cada vez más presencia, pero hay que señalar que la típica luz blanquiazul de los LEDs que se comercializan actualmente es una de las más nocivas para el medio nocturno y para la salud humana (Herranz et al., 2011; Falchi et al., 2011). Es fundamental, pues, una selección óptima del alumbrado público, ya que comporta grandes ventajas energéticas y ambientales: disminución en las emisiones de CO₂, reducción del consumo energético, ahorro económico, adecuación de la intensidad lumínica en cada emplazamiento, etc.

Son bien conocidos también los efectos que tiene la contaminación lumínica sobre la salud. El sistema circadiano del cuerpo humano se encuentra sincronizado con el ciclo natural de luz durante el día y de oscuridad por la noche, pero lo cierto es que en la sociedad moderna este ciclo natural se ha alterado debido al abuso de la luz artificial (Chepesiuk, 2009). Así pues, la exposición inadecuada a la luz durante la noche contribuye a una pérdida del orden temporal interno o «disfunción circadiana», originando también frecuentemente en muchos vertebrados una disminución de la melatonina (Grubisic et al., 2019; Kumar et al., 2019). Se han realizado algunos estudios, que demuestran que esta pérdida del orden temporal tiene relación con la incidencia de algunas patologías y enfermedades cardiovasculares, deterioro cognitivo, trastornos afectivos y envejecimiento acelerado. Incluso hay estudios que relacionan la contaminación lumínica y la exposición a la luz eléctrica durante las noches con diversos tipos de cáncer (Davis et al., 2001; Hansen, 2001; Stevens y Rea,

2001; Navara & Nelson, 2007; Kloog et al., 2009; Walker et al., 2020). Para mantener una buena salud es necesario que el sistema circadiano funcione correctamente y la luz es su sincronizador y, por lo tanto, es importante que el día sea día, y la noche sea noche (Rol et al., 2011). El tipo de iluminación exterior más recomendado para minimizar estos daños, son las lámparas de vapor de sodio de baja presión, ya que tienen reducida la banda azul, que es precisamente a la que somos más sensibles, y también porque son las más eficientes en términos de energía.

La contaminación lumínica también tiene efectos destacados en la flora, la fauna y los ecosistemas (Bennie et al., 2016; Schroer y Hölker, 2016; Falcón et al., 2020). En cuanto a la fauna, una gran parte de los animales son de hábitos nocturnos, ya que buena parte de sus actividades las llevan a cabo en este periodo. Los humanos somos una de las excepciones, al habernos adaptado a tener un ciclo circadiano opuesto, donde desarrollamos las actividades durante el día, reservando la noche para descansar. Así pues, los sistemas de iluminación creados por el hombre, especialmente los localizados fuera de los núcleos urbanos, generan problemas en muchas especies animales, lo que permite hablar de una *ecological light pollution* distinguiéndola de la *astronomical light pollution* (Longcore y Rich, 2004). La iluminación exterior altera de forma significativa a las especies animales, con consecuencias negativas tanto en mamíferos como en aves, anfibios, reptiles, peces e invertebrados (Rich y Longcore, 2006). Pero, seguramente, el grupo más significativo y de mayor afectación son los insectos (Owens, 2020; Desouhant et al., 2019). El alumbrado público les causa un comportamiento de hiperestimulación que se conoce con el nombre de «vuelo a la luz». Esto conlleva tres grandes impactos: un efecto de cautividad, donde el insecto se siente atraído por la luz, y puede morir quemado o extenuado; un efecto de barrera, donde las fuentes de luz actúan como barreras migratorias o de dispersión; y, por último, el llamado «efecto aspirador», donde los insectos son extraídos de sus hábitats naturales (Domingo et al., 2011). La adopción a gran escala de lámparas LED blancas de bajo consumo puede causar impactos ecológicos y favorecer las infestaciones de plagas fitosanitarias. Pawson y Bader (2014) comprobaron precisamente este hecho en un experimento, al ver como con trampas con luces LED capturaban un 48% más de insectos que las trampas de luz equipadas con lámparas HPS. De todas maneras, el desarrollo tecnológico en iluminación LED, una vez controlados los efectos ecológicos indeseados, debe suponer un importante avance para el problema de la contaminación lumínica (Gaston et al., 2012).

El alumbrado público supone, asimismo, un gran gasto económico, ya que en muchas ocasiones no está adecuado correctamente y eso hace que se gaste mucha más energía de la necesaria, y que luego lo acaben pagando los ciudadanos mediante los impuestos. Por otro lado, también hay que advertir el peligro que puede acarrear para los peatones y los conductores de vehículos, ya que en algunas ocasiones el alumbrado no está bien orientado, o en otras es demasiado potente y deslumbra más de lo necesario, lo que puede hacer perder la agudeza visual. Y otro de los efectos medioambientales que merece también destacarse, es que la iluminación impide en muchas ocasiones que pueda realizarse bien la práctica de la astronomía, ya que

los niveles de contaminación lumínica en el cielo hacen que haya una gran pérdida de noches estrelladas.

2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

El objetivo de esta investigación es el análisis de la contaminación lumínica originada por el alumbrado público en un pequeño municipio, como es Artesa de Segre, en la provincia de Lleida (Cataluña). La oportunidad de esta elección obedece a que esta población se halla en el área de influencia del Parque Astronómico del Montsec, lugar que requiere, obviamente, de una elevada calidad lumínica del cielo nocturno. A pesar de que ésta está garantizada en el entorno más próximo de dicho Parque, es evidente que presenta gran interés evaluarla en los municipios del entorno o del área de influencia, como es este caso. Se sabe, por ejemplo, que los efectos que causa la ciudad de Lleida en el brillo del cielo inciden más allá incluso de 20 km fuera de la ciudad. De ahí la importancia del diseño y puesta en marcha de la Red de Contaminación Lumínica de Cataluña (*XCLCat*) con aparatos permanentes que permiten de forma continua analizar el brillo del fondo del cielo (Ribas, 2015).

En este caso la presente investigación no evalúa el brillo nocturno, sino que se centra únicamente en un aspecto muy concreto de la contaminación lumínica, como es el de la intrusión lumínica en este municipio de la provincia de Lleida. Para ello se ha hecho un seguimiento de su alumbrado público, mediante la realización de una serie de transectos o itinerarios que han incluido un total de 46 calles y plazas. Esto ha permitido analizar esta intrusión lumínica, detectando e identificando los puntos críticos, mediante la observación directa y a través de un completo catálogo fotográfico del alumbrado, donde se recogen y se pueden apreciar los problemas hallados, de manera parecida a lo que ya se ha hecho antes en otros trabajos aplicados a otras áreas urbanas (Moreno-García y Martín-Moreno, 2016).

Los resultados obtenidos a partir de los datos del trabajo de campo se han reflejado de manera resumida en unas tablas y también en una cartografía de las calles o puntos críticos, para que se vea de forma clara, cuáles son los lugares del municipio que generan más contaminación lumínica, y, más concretamente, cuáles son los puntos donde se detectan problemas de intrusión en las viviendas.

3. CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

El municipio de Artesa de Segre se encuentra en la comarca de La Noguera, en la provincia de Lleida, a una altura de 318 m sobre el nivel del mar, y ocupa una superficie de 176 km² (Figura 1). Su población es de 3.528 habitantes, según los últimos datos disponibles del año 2023 (Idescat). El municipio está formado por un conjunto de 22 pueblos en total (Alentorn, Anya, Artesa de Segre, Baldomar, Clua, Colldelrat, Collfred, Colònia-La Fàbrica, Comiols, Folquer, Ctra, Montmagastre, El Pont d'Alentorn, Sant Marc de Batlliu, Seró, Tudela de Segre, La Vall d'Ariet, Vall-lebrera, Vall-llebrerola, La Vedrenya, Juncosa y Vilves). Estas poblaciones están

gestionadas y administradas desde el propio municipio de Artesa de Segre, el cual actúa como centro, dado que son muy pequeños en dimensión y habitantes, y tienen muy pocos servicios.

El municipio es, principalmente, agrícola y ganadero. La agricultura es, sobre todo, de secano, con cultivos de trigo, maíz, viña y olivos, entre otros. La industria se concentra de forma mayoritaria en tres grandes empresas, radicadas en el Polígono Industrial, donde también hay otras, más pequeñas. En cuanto a los servicios, los principales comercios, de carácter más familiar, se encuentran situados en el centro del pueblo, la Carretera de Agramunt, Carretera de Ponts y Carretera de Tremp, ya que es por donde circula todo el tráfico de vehículos; y también en otras calles más interiores. En los últimos años se

ha visto un crecimiento significativo de un turismo de tipo rural, encontrando en los pueblos pequeños de los alrededores numerosas casas rurales y masías adaptadas para recibir a estos visitantes.

Un factor importante, también, para el turismo del municipio, es su localización dentro del área de influencia del Parque Astronómico de El Montsec (PAM). Este Parque es una iniciativa de la Generalitat de Catalunya, que, mediante el Consorcio de El Montsec, se beneficia del extraordinario potencial de la sierra de El Montsec para la realización de actividades de investigación, formación y divulgación de la ciencia de la astronomía (Ribas y Parici, 2014). El parque se encuentra situado en el municipio de Àger, al noroeste de la comarca, limitando al norte con Sant Esteve de la Sarga, municipio que pertenece ya a la comarca del Pallars Jussà, y donde se encuentra una de las instalaciones de este parque: el Observatorio Astronómico de El Montsec (OAM). El PAM aprovecha las características excepcionales del cielo del Montsec, considerado como uno de los mejores del sur de Europa, que lo hacen, por tanto, un lugar ideal para la instalación de este observatorio (OAM) y del Centro de Observación del Universo (COU). Diversas investigaciones han confirmado la idoneidad de este lugar, gracias, sobre todo, a una baja pluviometría (inferior a 500 mm/año), una humedad moderada y un elevado porcentaje de noches serenas y estrelladas, entre otros factores atmosféricos. Los resultados obtenidos a partir de las mediciones efectuadas por Ribas et al. (2014) ya detectaron algunas zonas excelentes, con valores superiores a 21,40 mag (valor requisito para la consideración de reserva Starlight). Como ellos mismos señalan, los núcleos urbanos dentro de esta área



FIGURA 1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL MUNICIPIO DE ARTESA DE SEGRE EN LA PROVINCIA DE LLEIDA. Fuente: adaptado a partir de <https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:L%C3%A9rida-loc.svg#file>. Miguillen-CC BY-SA 3.0. 1

producen un efecto muy limitado más allá de su propio núcleo, exceptuando, eso sí, los de los centros más grandes como Balaguer, Tremp, Ponts y Artesa de Segre.

4. RESULTADOS

Las diversas características que se han tenido en cuenta para el análisis de la intrusión lumínica son las siguientes: los modelos de luminarias, los tipos de lámparas, la orientación de las luminarias y su disposición en las calles. Sobre los modelos de luminarias, en los municipios acostumbra a haber una variada tipología, pero es evidente que no todos ellos son correctos o adecuados para tratar de minimizar la problemática de la contaminación lumínica. En cuanto a los tipos de lámparas, tal y como ya se ha mencionado previamente, hay también de diferentes tipos, pero no todos son igual de eficientes ni cumplen con la normativa. La orientación de las luminarias es otro aspecto por considerar, ya que, según el ángulo y su posición, generan que haya más o menos iluminación y, a la vez, provoca que se pueda producir más difusión hacia el cielo. La disposición del alumbrado en las calles también se tratará, pues hay varias formas de organizar el alumbrado público en las calles (De La Paz et al., 2019). La disposición unilateral, por ejemplo, significa que sólo se ponen las luminarias en un mismo lado de la calle. En la llamada de tresbolillo, se ponen alternadas y en la de emparejado, se ponen a ambos lados, de forma simétrica. Y, por último, la disposición suspendida transversal, en la que se cruza de lado a lado de la calle, colgando la luminaria de forma aérea en el centro.

4.1. LOS MODELOS DE LUMINARIAS

Se han encontrado un total de siete tipos diferentes de luminarias. Hay que advertir que los nombres que se han empleado en la clasificación de los diferentes modelos de luminarias son denominaciones descriptivas, muchas de ellas, de iniciativa propia, ya que no se ha conseguido encontrar una nomenclatura única oficialmente aceptada.

El modelo de luminaria de pared es el más abundante en el alumbrado público del pueblo, pues en un 63,04% de las calles se halla este tipo (Figura 2). Al mismo tiempo, es el que presenta más problemas en comparación con el resto, ya que su orientación no es la correcta, puesto que tendría que enfocar sólo la parte necesaria de la calle y, en cambio, el flujo luminoso también va hacia los lados, lo que genera que la luz también ilumine hacia el cielo, y provoque que haya más difusión y sobreconsumo. Otro gran inconveniente de este modelo es que, en muchos puntos del pueblo, genera problemas de intrusión lumínica, ya que en numerosas ocasiones la luminaria con su correspondiente lámpara no está a una altura correcta y se encuentra justo al lado de los balcones o de las ventanas, penetrando mucha luz hacia el interior, con las consecuencias negativas que ello conlleva (Figura 3).

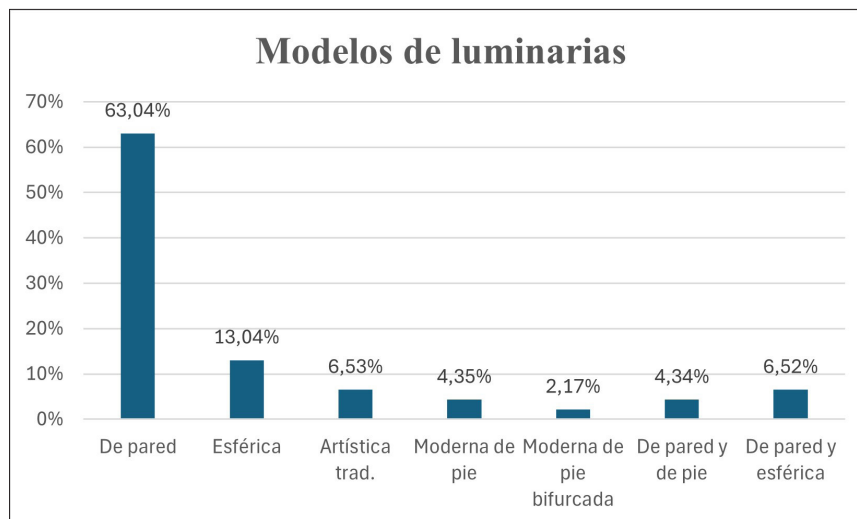


FIGURA 2. PORCENTAJES DE LOS DIVERSOS MODELOS DE LUMINARIAS PRESENTES EN LAS CALLES DE ARTESA DE SEGRE. Elaboración propia



FIGURA 3. IMAGEN DEL EFECTO DE INTRUSIÓN LUMÍNICA CAUSADO POR EL MODELO DE LUMINARIA DE PARED EN LA CARRETERA DE TREMP POR LA NOCHE. Fuente: autores

El segundo modelo de luminaria más utilizado es el esférico, que está presente en un 13,04% de las calles. Este tipo, años atrás iluminaba en todas direcciones, ya que la bola o globo, no estaba limitada ni tapada por ningún lado, lo que generaba una gran difusión hacia el cielo desde su hemisferio superior. Pero, posteriormente, se tuvo que modificar este tipo de luminaria, ya que la normativa no lo permitía. La solución adoptada en el municipio fue la de tapar la parte superior de la «bola» (Figura 4), en lugar de cambiar el modelo por uno más eficiente y adaptado a la

normativa vigente. Así se consigue reducir la difusión hacia el cielo, pero se sigue iluminando hacia los lados, lo que tampoco es aconsejable y no debería producirse. Este modelo, eso sí, a diferencia del modelo de luminaria de pared, no genera intrusión lumínica, ya que su altura no llega, en la gran mayoría de los casos, a las ventanas o balcones por donde pudiera penetrar la luz.



FIGURA 4. MODELO DE LUMINARIAS ESFÉRICAS ILUMINANDO POR LA NOCHE LA CALLE DE SANT SEBASTIÀ. Fuente: autores



FIGURA 5. MODELO DE LUMINARIA DE FAROL ARTÍSTICO TRADICIONAL O CLÁSICO DE PARED EN LA CALLE DE L'ESGLÉSIA. Fuente: autores

El tipo de luminarias más antiguas son las de farol artístico tradicional de pared (Figura 5). Se encuentran mayoritariamente en la zona del casco antiguo del pueblo, donde ya hace años que están instaladas (un 6,53% de las calles tienen este modelo).

Aquí es donde se ha detectado el mayor número de puntos críticos con problemas de intrusión lumínica, ya que la mayoría de las casas y los edificios son muy bajos, y las lámparas están emplazadas a una altura, en muchos casos, muy cerca de las

ventanas y balcones, por donde consigue penetrar la luz artificial (Figura 6). La normativa actual señala que las lámparas adecuadas deben iluminar únicamente



FIGURA 6. MODELO DE LUMINARIA DE FAROL ARTÍSTICO TRADICIONAL O CLÁSICO DE PARED EN LA PLAZA MAYOR DEL CASCO ANTIGUO DEL PUEBLO. Fuente: autores

de forma horizontal y plana hacia la superficie de la calle, y éstas además resulta que también lo hacen hacia los lados.

El modelo de luminarias modernas de pie sólo se ha encontrado exclusivamente en dos calles en todo el pueblo (4,35% del total de calles analizadas). Se utilizan en calles amplias, y también, en alguna plaza. Acostumbran a ser bastante altas, ya que para iluminar las calles más amplias se necesita que el foco luminoso abarque una zona más grande que en el resto de las calles. En las calles con este modelo no se han encontrado problemas de contaminación lumínica, dado que son calles donde no hay edificios próximos al alumbrado, y, por tanto, no puede haber intrusión, ni tampoco difusión hacia el cielo, ya que en estos casos las lámparas quedan horizontales respecto a la superficie y no generan deslumbramiento.

El modelo de luminaria moderna de pie bifurcada sólo se encuentra en una zona urbanística en las afueras del pueblo (calle Roc del Cudós), la cual es de reciente construcción, representando un 2,17% del total de calles analizadas. Como se observa en la imagen (Figura 7), las casas están situadas en los bordes de la calle y las grandes y altas farolas se hallan en medio de esta. Esto hace que por la noche no llegue un gran flujo luminoso hasta las viviendas y que no se genere intrusión lumínica; las lámparas están bien orientadas hacia la superficie, no habiendo indicios tampoco de que se produzca difusión hacia el cielo.

Por último, también se han encontrado calles que tienen hasta dos modelos diferentes de luminarias. En la calle de Les Escoles y la carretera de Agramunt, por ejemplo, en un primer tramo se sitúan luminarias esféricas y en el resto aparece el modelo de pared modernas. Y en la avenida María Anzizu, la carretera de Montsonís y la calle de Las Monges, en cambio, hay luminarias modernas de pared y de pie. La avenida María Anzizu, precisamente, es una calle con un tramo remodelado, reformado hace poco tiempo, que tiene el alumbrado correcto y adaptado, con luminarias de pie. Y en el resto de la calle, hay luminarias de pared, que, en cambio,

causan intrusión lumínica, además de generar difusión hacia el cielo, al no estar bien orientadas sus lámparas. La carretera de Montsonís tiene un primer sector con luminarias de pared y el resto tiene de pie. En el primer tramo de calle hay todavía algunas casas, y, por lo tanto, ahí se producen también problemas de intrusión y de difusión. En el segundo tramo de calle, donde ya no hay casi edificios, al tratarse, además de una carretera más amplia, y que conduce hacia otro pueblo, las luminarias



FIGURA 7. MODELO DE LUMINARIA MODERNA DE PIE BIFURCADA EN LA CALLE ROC DEL CUDÓS. Fuente: autores

son de pie, bastante altas, y están bien orientadas, lo que hace que no se observen problemas de contaminación lumínica.

4.2. LOS TIPOS DE LÁMPARAS

El tipo de lámparas es el mismo en todo el municipio, es decir, todas son de vapor de sodio de alta presión; esta clase de lámparas tiene una capacidad de reproducir los colores mucho mejor que otras como las de vapor de sodio de baja presión. Su característico color amarillento hace que no se detecten muchos problemas o síntomas de deslumbramiento en el municipio, aunque, en cuanto al consumo, es cierto que consumen más que las de vapor de sodio de baja presión, que son, en cambio, mucho mejores y más eficientes en este caso.

4.3. LA ORIENTACIÓN DEL ALUMBRADO

La orientación del alumbrado de Artesa de Segre muestra algunas deficiencias que, lógicamente, van a contribuir también a generar algunos problemas de contaminación lumínica. Se han observado dos tipos diferenciados en cuanto a

la orientación: por un lado, los modelos que presentan una orientación inclinada con respecto a la superficie y, por otro lado, los que mantienen una orientación horizontal paralela a ella. Además, también se han observado calles donde están presentes ambos tipos.

Las luminarias que presentan una orientación inclinada aparecen en todas las calles del municipio que tienen los modelos que se han denominado de pared, alcanzando un total de 29 calles. Esto supone un gran problema de contaminación lumínica, ya que se genera mucha difusión hacia el cielo, que habría que intentar corregir o evitar.

En cambio, calles que estén bien adecuadas, es decir, que tengan una orientación horizontal de las luminarias con respecto a la superficie e iluminando sólo lo necesario, son bastante menos (12 calles en total). En las calles que se han localizado luminarias con ambos tipos de orientación, son aquellas que tienen dos tipos de modelos diferentes: 3 calles con luminarias de pared y esféricas, y 2 calles con luminarias de pared y de pie, sumando un total de 5 calles.

Un diseño correcto del alumbrado es imprescindible no solo para que no se genere intrusión lumínica en los hogares, sino también para que no haya difusión hacia el cielo, y no contribuya a la pérdida de noches estrelladas, así como al desperdicio energético y económico. Téngase en cuenta que el alumbrado público lo paga todo ciudadano mediante impuestos, y si no se hace un buen uso de él, al iluminar más de lo necesario, se malgasta energía, y, en consecuencia, se paga más.

4.4. LA DISPOSICIÓN DEL ALUMBRADO

La disposición del alumbrado público puede adoptar usualmente hasta 4 tipos diferentes, los cuales ya se han explicado previamente, en la parte inicial del apartado dedicado al análisis de las observaciones efectuadas en el trabajo de campo (disposición unilateral, disposición de tresbolillo, disposición emparejada y disposición suspendida transversal). Hay que anotar, sin embargo, que algunas calles de Artesa de Segre no siguen ninguno de estos 4 tipos, pues la disposición del alumbrado en ellas se encuentra en los dos lados de la calle, pero sin seguir un orden en concreto, por lo que para este caso se propone la denominación de disposición bilateral. Y, hay también, 4 plazas en el pueblo, que no siguen un tipo concreto de disposición, sino que presentan una disposición variable (con las farolas localizadas en medio de la plaza, o bien, por los alrededores).

La disposición predominante en las calles del pueblo es la unilateral, pues en un total de 26 calles, las farolas están situadas solo en uno de sus lados, habiendo una gran diferencia con el resto de tipos. La siguiente es la bilateral, la cual sólo aparece en 8 calles; en este tipo la disposición no parece seguir un modelo claro y bien establecido.

La disposición de tresbolillo, con luminarias a ambos lados, pero de forma alterna, se localiza en un total de 5 calles. Se considera como uno de los mejores tipos de disposición, ya que no se produce una sobrecarga de los flujos luminosos en un mismo punto, sino que están repartidos a lo largo de toda la calle. Y, por lo tanto,

no suele generar tampoco problemas de deslumbramiento. Hay otras calles que tienen hasta dos tipos de disposición. La carretera de Agramunt, por ejemplo, tiene una disposición emparejada en su inicio, con luminarias a ambos lados, pero de forma simétrica, y en el resto de la calle, es de tresbolillo. La disposición emparejada, si bien es común, hay que advertir que sólo debería utilizarse en grandes calles o avenidas, ya que en muchas ocasiones no es necesario situar una farola frente a otra, porque puede causar problemas de deslumbramiento, además de generar un sobreconsumo innecesario para iluminar sólo un tramo concreto de calle.

Por último, otras dos calles, la avenida Maria Anzizu y la carretera de Montsonís también tienen una doble disposición. En el caso de la primera calle, tras la remodelación de un tramo, las luminarias se presentan dispuestas en tresbolillo, mientras que, en la parte más antigua, y sin remodelar, es bilateral y con luminarias de pared, de forma desigual a ambos lados. En el segundo caso se trata de una pequeña carretera que conduce hacia otro pueblo en las afueras; en el interior urbano, la disposición es de tresbolillo, y a medida que se aleja del pueblo, y ya no hay edificios alrededor, aparece una disposición bilateral. En las plazas que se han mencionado con anterioridad, la disposición no es definida ni clara, sino más bien aleatoria, sin seguir un orden determinado.

La disposición predominante observada en el caso de Artesa de Segre, que es la unilateral, resulta adecuada, ya que no son calles demasiado anchas, y, por lo tanto, con iluminar solo un lado es más que suficiente. Aunque, hay algunas vías donde sí es necesario que haya un flujo luminoso a ambos lados, al tratarse de las calles principales de entrada y de salida al pueblo (como la carretera de Agramunt, y, sobre todo, la carretera de Tremp y la carretera de Ponts). Son calles más anchas por las que circula una mayor cantidad de tráfico durante el día y la noche, en dirección hacia los Pirineos.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Del total de 46 calles analizadas en el municipio, se han encontrado problemas de intrusión lumínica en más de la mitad (concretamente en 25 de ellas). Las calles más céntricas del pueblo son las más afectadas, mientras que en la periferia no se han encontrado problemas destacables. Esto es debido a que el crecimiento urbanístico ocurrido en el pueblo en los últimos años hacia las afueras ha incorporado ya la instalación de un alumbrado público correcto, acorde con la normativa vigente. Por el contrario, en el centro y la parte más antigua del pueblo, no se ha procedido todavía a la sustitución total del alumbrado por un sistema más idóneo y adecuado, que reduzca el impacto y los efectos negativos que provoca la contaminación lumínica.

Algunos modelos de luminarias, como serían, sobre todo, por ejemplo, las de pared, y de su inadecuada disposición, ha generado que, precisamente, en las calles céntricas y principales del pueblo, es donde se haya detectado un gran número de casos de intrusión lumínica, problema que puede derivar en graves consecuencias a largo plazo, como las explicadas previamente en el apartado de los efectos de la contaminación lumínica. También, por estos mismos motivos, se ha podido detectar

en algunos puntos la presencia de difusión hacia el cielo, en especial, en aquellas calles que tienen luminarias, con modelos de pared y de tipo esférico.

Se han advertido también problemas de sobreconsumo en todo el pueblo, ya que el tipo de lámpara de vapor de sodio de alta presión empleado quizá no es el más adecuado. El mejor tipo en la actualidad son las lámparas de vapor de sodio de baja presión, ya que son más eficientes y económicas; o también las de tipo LED, que están emergiendo como la gran tecnología del futuro. No se han encontrado indicios de deslumbramiento, ya que el tipo de luminarias de vapor de sodio de alta presión no suelen causarlo y, además, no son grandes focos de luz que puedan generar problemas de pérdida de agudeza visual, dadas sus adecuadas dimensiones. Del análisis de los resultados puede concluirse, pues, que el municipio de Artesa de Segre presenta algunos focos de contaminación lumínica debidos al tipo y modelos de lámparas empleadas en su alumbrado público, así como por su orientación y disposición, evidenciando, sobre todo, problemas de intrusión lumínica.

El municipio se encuentra dentro del área de influencia del Parque Astronómico de El Montsec, lo que conlleva que haya más restricción en las ordenanzas municipales de su alumbrado público. Concretamente, Artesa de Segre se encuentra dentro de un nivel de protección máxima o E1, esto significa que el municipio debería cumplir con todas las normas y leyes sobre la contaminación lumínica vigentes. Pero, tal como se ha comprobado, no todos los modelos de luminarias de su alumbrado público son adecuados, habiendo localizado algunos puntos problemáticos. Se ha detectado, por ejemplo, que hay algunos modelos de luminarias que no son correctas para una idónea iluminación del municipio. Los modelos que generan difusión de la luz hacia el cielo, como las luminarias esféricas y las artísticas tradicionales, deberían ser reemplazados por otros que no causen este problema o readaptados. Por otro lado, los modelos de luminarias instalados en paredes generan un exceso de intrusión lumínica en algunos puntos, ya que la altura de las lámparas no es la correcta, hallándose en muchos lugares, justo al lado de las ventanas o balcones de las viviendas, penetrando la luz artificial dentro de ellas. Esta circunstancia podría corregirse fácilmente, modificando tan solo su localización y orientación, o con otras medidas como la aplicación de paralumenes o apantallamiento en las luminarias existentes o su sustitución por otros modelos con ópticas específicamente diseñadas.

El tipo de lámparas de vapor de sodio de alta presión presente en todo el municipio, aun siendo acorde con la normativa existente, quizás no es el mejor, dada su localización en un área considerada de máxima protección (E1). El más adecuado probablemente sería el de vapor de sodio de baja presión, que debería implantarse en todo el pueblo para una mejor gestión ambiental y protección del cielo nocturno, ya que es más eficiente, más económico, gasta menos energéticamente, y tiene más vida útil.

La orientación del alumbrado público en la mayoría de las calles del municipio es incorrecta, sobre todo, en aquellas donde las luminarias se hallan instaladas en las paredes, ya que presentan un ángulo de inclinación inadecuado. Otro modelo problemático son las esféricas, ya que, aunque se han modificado recientemente, tapando su parte superior, la luz sigue iluminando hacia los lados, contribuyendo a una mala gestión energética y ambiental.

En cuanto a la disposición del alumbrado a priori no hay un tipo mejor que otro. Las diferentes formas de situar las luminarias en las calles dependen, sobre todo, de la anchura de las mismas, para que una disposición sea más adecuada que otra. En el caso presente, teniendo en cuenta las características urbanas y geográficas del municipio, lo cierto es que la disposición óptima, debería ser, mayoritariamente, de tipo unilateral. El motivo es que las calles, con la excepción de las principales arterias que cruzan el pueblo y que son los puntos de entrada y salida, no son suficientemente anchas para que tengan luminarias a ambos lados, como sucede en los tipos de tresbolillo y emparejada.

El análisis efectuado ha revelado, pues, que el municipio de Artesa de Segre presenta algunos focos de contaminación lumínica, aunque esté dentro de la llamada *Zona Turística Starlight* en el área de influencia del Parque Astronómico de El Montsec (PAM). Se deberían implementar, por tanto, algunas medidas de corrección y mejora del alumbrado público, con el fin de conseguir un municipio realmente sostenible y que siga de forma estricta la legislación y normativa vigentes en las zonas de máxima protección a nivel mundial, como es este caso.

Contribución de los autores

María del Carmen Moreno-García: Conceptualización; Metodología; Análisis formal; Redacción—preparación del borrador original; Redacción—revisión.

David Galcerán: Investigación; Redacción—preparación del borrador original.

Uso de la inteligencia artificial

Los autores declaran no haber hecho uso de la inteligencia artificial.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- Bennie, J., Davies, T. W., Cruse, D., et al. (2016). Ecological effects of artificial light at night on wild plants. *Journal of Ecology*, 104(3), 611–620. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12551>
- Chao, Y.C., Huang, K.Y., & Po-Yen, K. (2011). Light trespass from exterior lighting in urban residential areas of compact cities. En *Serie: SB11 World Sustainable Building Conference*. https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC23139.pdf
- Chepesiuk, R. (2009). Missing the dark. Health effects of light pollution. *Environmental Health Perspectives*, 117 (1), A20–A27. <https://doi.org/10.1289/ehp.117-a20>
- Davis, S., Mirick, D. K., & Stevens, R. G. (2001). Night shift work, light at night, and risk of breast cancer. *Journal of the National Cancer Institute*, 93(20), 1557–1562. <https://doi.org/10.1093/jnci/93.20.1557>
- De la Paz, F., Sanhueza, P., & Díaz, J. (2019). *Guía práctica de iluminación de exteriores. Alumbrado eficiente y control de la contaminación lumínica*. Oficinas de la Protección de la Calidad del Cielo de Chile y Canarias. https://www.iac.es/system/files/documents/2019-11/Starlight-opcc-otpc_guia_o.pdf
- Desouhant, E., Gomes, E., Mondy, N., et al. (2019). Mechanistic, ecological, and evolutionary consequences of artificial light at night for insects: review and prospective. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 167, 37–58. <https://doi.org/10.1111/eea.12754>
- Domingo, J., Baixeras, J., & Fernández, G. (2011). La gestión de la contaminación lumínica y su impacto sobre la biodiversidad. *Física y Sociedad*, 21, 12–14, Colegio Oficial de Físicos.
- Falchi, F., Cinzano, P., Elvidge, C. D., et al. (2011). Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility. *Journal of Environmental Management*, 92(10), 2714–2722. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.06.029>
- Falcón, J., Torriglia, A., Attia, D., et al. (2020). Exposure to Artificial Light at Night and the Consequences for Flora, Fauna, and Ecosystems. *Frontiers in Neuroscience*, 14. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fnins.2020.602796>
- Fundación Starlight. (s.f.). *Proyecto Starlight*. <http://www.starlight2007.net/>
- García Montano, H., Chow Martinez, M., & Silva Soza, R. (2020). Determinación del grado de contaminación luminosa producto de las luces artificiales en el sector Oeste de la ciudad de Managua, Nicaragua. Periodo diciembre 2016 a enero 2017. *Revista Científica De FAREM-Estelí*, (33), 100–108. <https://doi.org/10.5377/farem.voi33.9612>
- Grubisic, M., Haim, A., Bhusal, P., et al. (2019). Light Pollution, Circadian Photoreception, and Melatonin in Vertebrates. *Sustainability*, 11(22), 6400. <https://doi.org/10.3390/su11226400>
- Hansen, J. (2001). Light at night, shiftwork, and breast cancer risk. *Journal of the National Cancer Institute*, 93, 1513–1515. <https://doi.org/10.1093/jnci/93.20.1513>
- Herranz, C., Ollé, J. M., & Jáuregui, F. (2011). La iluminación con LED y el problema de la contaminación lumínica. *Astronomía*, 144, 36–43. <http://vell.celfosc.org/biblio/general/herranz-olle-jauregui2011.pdf>
- Kloog, I., Haim, A., Stevens, R. G., et al. (2009). Global Co-Distribution of Light at Night (LAN) and Cancers of Prostate, Colon, and Lung in Men. *Chronobiology International*, 26(1), 108–25. <http://doi.org/10.1080/07420520802694020>
- Kumar, P., Ashawat, M. S., Pandit, V., et al. (2019). Artificial light pollution at night: a risk for normal circadian rhythm and physiological functions in humans. *Current Environmental Engineering*, 6(2), 111–125. <https://doi.org/10.2174/2212717806666190619120211>

- Lewin, I. (1999). Light trespass and light pollution, en *Actas de la Conferencia Anual del IESNA*, 9-11 de agosto de 1999; Nueva Orleans, Nueva York, IESNA.
- Lewin, I. (2000). Light Trespass and Light Pollution - Practical Approaches to Dealing with Problems, en *Actas de la Conferencia de Alumbrado Público y de Áreas del IESNA*, septiembre de 2000; Minneapolis, Minnesota, IESNA.
https://yachatsstage.cass.oregonstate.edu/Documents/Download/Trespass_Light_general.pdf
- Longcore, T., & Rich, C. (2004). Ecological light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2, 191-198. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2004\)002\[0191:ELP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2004)002[0191:ELP]2.0.CO;2)
- Martín-Vide, J., & Moreno-García, M. C. (2024). Unas notas sobre la emergencia climática. *Geo UERJ*, 46, e87631, Rio de Janeiro. <https://doi.org/10.12957/geouerj.2024.87631>
- Moreno-García, M.^a C., & Martín-Moreno, A. (2016). La contaminación lumínica. Aproximación al problema en el barrio de Sants (Barcelona). *Observatorio Medioambiental*, 19, 133-163. <https://doi.org/10.5209/OBMD.54165>
- Navara, K. J., & Nelson, R. J. (2007). The dark side of light at night: physiological, epidemiological, and ecological consequences. *Journal of Pineal Research*, 43, 215-224. <https://doi.org/10.1111/j.1600-079X.2007.00473.x>
- Owens, A. C. S., Cochard, P., Durrant, J., et al. (2020). Light pollution is a driver of insect declines. *Biological Conservation*, 241, 108259. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108259>
- Pawson, S. M., & Bader, M. K. F. (2014). LED lighting increases the ecological impact of light pollution irrespective of color temperatura. *Ecological Applications*, 24, 1561-1568. <https://doi.org/10.1890/14-0468.1>
- Pelegrina, A. (2022). *La contaminación lumínica*. CSIC y Ediciones Los Libros de la Catarata.
- Pelegrina, A., Vílchez, J. M., Ramírez, F., & Rodríguez, A. (Coords.) (2024). *Contaminación lumínica. Los peligros de un mundo cada vez más iluminado*. CSIC. Colección Ciencia para las Políticas Públicas.
- Ribas, S. J. (2015). *Caracterización de la contaminación lumínica en zonas protegidas y urbanas*. (Tesis Doctoral), Universidad de Barcelona.
- Ribas, S. J., & Parici, S. (2014). La Sierra del Montsec: Destino Turístico y Reseva Starlight. *Luces CEL*, 51, 16-18.
https://mediambient.gencat.cat/web/.content/home/ambits_dactuacio/atmosfera/contaminacio_luminica/Actuacions_estudis_articles/articles/Article-LUCES_51-Montsec.pdf
- Ribas, S. J., Paricio, S., Canal-Domingo, R., et al (2015). Vigilancia de la contaminación lumínica en la Reserva Starlight del Montsec en Cenarro, A. J., Figueras, F., Hernández-Monteagudo, C., Trujillo Bueno, J. & Valdivielso, L. (eds): *Highlights of Spanish Astrophysics VIII, Actas de la XI Reunión Científica de la Sociedad Astronómica Española*, Madrid.
- Rich, C., & Longcore, T. (2006). *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*. Island Press.
- Rol, M^a A., Baño, B., Martínez, A., et al. (2011). El lado oscuro de la luz: Efectos de la contaminación lumínica sobre la salud humana. *Física y sociedad*, 21, 20-22.
- Sánchez De Miguel, A. (2016). *Variación espacial, temporal y espectral de la contaminación lumínica y sus fuentes: Metodología y resultados*. (Tesi Doctoral), Universidad Complutense de Madrid.
- Sánchez De Miguel, A., & Martín-Ruiz, S. (2021). *Gasto en alumbrado público y la contaminación lumínica asociada en España y Andalucía*. (1.0). Zenodo.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.5524240>
- Schreuder, D. A. (1987). Road lighting and light trespass. *Vistas in Astronomy*, 30(3), 185-195. [https://doi.org/10.1016/0083-6656\(87\)90001-8](https://doi.org/10.1016/0083-6656(87)90001-8)

- Schreuder, D. A. (2001). Sky glow measurements in the Netherlands. En: *Preserving the Astronomical Sky IAU* (vol. 196, p. 130-133). Cambridge University Press.
- Schroer, S., & Hölker, F. (2016). Impact of Lighting on Flora and Fauna en R. Karlicek et al. (eds). *Handbook of Advanced Lighting Technology*, (p.1-33). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-00295-8_42-1
- Schulte-Rómer, N., Meier, J., Söding, M., et al. (2019). The LED Paradox: How Light Pollution Challenges Experts to Reconsider Sustainable Lighting. *Sustainability*, 11(21), 6160. <https://doi.org/10.3390/su11216160>
- Sim, Y. J., Kim, I.-T., Choi, A.S., et al. (2016). A preliminary study of an evaluation method for discomfort glare due to light trespass. *Lighting Research & Technology*, 49(5), 632-650. <https://doi.org/10.1177/1477153516636439>
- Stevens, R. G., & Rea, M. S. (2001). Light in the built environment: potential role of circadian disruption in endocrine disruption and breast cancer. *Cancer Causes Control*, 12, 279-287.
- Walker, W. H., Bumgarner, J. R., Walton, J. C., et al. (2020). Light Pollution and Cancer. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(24), 9360. <https://doi.org/10.3390/ijms21249360>