

## **ESTRATEGIA PIRENAICA para LA NOCHE (E-PLN)**

*Documento de conclusiones elaborado por el partenariado del Proyecto POCTEFA EFA233/16 PLN Pirineos La Nuit. Estrategia pirenaica para la protección y mejora de las condiciones del medio nocturno*

## **STRATEGIE PYRENEENNE pour LA NUIT (S-PLN)**

*Document de conclusions préparé par le partenariat du Projet POCTEFA EFA233/16 PLN Pyrénées La Nuit. Stratégie pyrénéenne pour la protection et l'amélioration des conditions de l'environnement nocturne*

**Pamplona / Bagnères de Bigorre / Balaguer / Mauroux**

*mayo de 2022 – mai 2022*

[Navarra Impulsa cultura, deporte y ocio / Planetario de Pamplona \(NICDO / PdP\)](#)

[Asociación A Ciel Ouvert \(ACO\)](#)

[Centre Permanent d'Initiatives pour l'Environnement Bigorre-Pyrénées \(CPIE 65\)](#)

[Syndicat Mixte pour la Valorisation Touristique du Pic du Midi \(SMVTPM\)](#)

[Consell Comarcal de la Noguera \(CCN\)](#)

[Gestión Ambiental de Navarra – Nafarroako Ingurumen Kudeaketa \(GAN-NIK\)](#)

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	3
2. ESTADO ACTUAL DE LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA .....	6
3. CONCLUSIONES DE LOS TRABAJOS REALIZADOS EN PLN .....	9
3.1. Estudios astronómicos.....	9
3.2. Estudios biológicos .....	11
3.3. Trabajos divulgativos .....	15
4. NORMATIVA EN VIGOR EN EL TERRITORIO .....	19
4.1. Documentación de la Unión Europea.....	19
4.2. Legislación en Francia.....	20
4.3. Legislación en España .....	21
5. OBJETIVOS DE LA E-PLN.....	24
5.1. Eje 1: Información.....	26
5.2. Eje 2: Acción.....	27
5.3. Eje 3: Normativa .....	28
6. ALINEAMIENTO CON LA EPiCC .....	30
7. MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS PARA EL ALUMBRADO .....	33
7.1. Tipo de luz .....	34
7.2. Cantidad de luz.....	35
7.3. Control de las superficies directamente iluminadas .....	36
7.4. Control de horarios .....	36
Agradecimientos .....	39

## 1. INTRODUCCIÓN

La electrificación del mundo que comenzó a principios del siglo pasado ha provocado enormes cambios en la sociedad. Hoy resulta difícil imaginar nuestro día a día sin la electricidad ya que, prácticamente a todas horas, nuestra actividad y bienestar dependen de ella. La electricidad ha sido el sustrato que ha permitido evolucionar a la sociedad, en poco más de un siglo, mucho más que en el resto de la historia de nuestra especie. Esta electrificación fue consecuencia del proceso de industrialización que había comenzado un siglo antes basada en la combustión de carbón y petróleo. Hace cien años nadie se preocupaba por las consecuencias de esa combustión de compuestos fósiles a gran escala y se han seguido usando de manera acelerada a medida que aumentaba la riqueza de los países más industrializados. El mismo proceso se está repitiendo ahora con la luz artificial. Hace medio siglo casi nadie hablaba de las consecuencias de introducir luz artificial en el medio nocturno. Se veía, y aún hoy sigue siendo así, como un símbolo del desarrollo y la prosperidad de nuestra sociedad. Esto ha de cambiar necesariamente porque los fotones visibles que producimos en las lámparas, al igual que los compuestos que deja la combustión de carbón y petróleo, son elementos contaminantes para el planeta. A medida que la ciencia estudia los efectos de la desaparición de la oscuridad natural de la noche, se ve más claramente su impacto en el planeta.

Con la electrificación llegó la luz artificial a nuestras casas y a las calles de nuestras ciudades y de su uso descontrolado, tenemos ahora la contaminación lumínica.

La noche es parte del ciclo natural de la Tierra y está definida, principalmente, por la oscuridad. Resulta paradójico que, siendo el ciclo día/noche el más importante de la naturaleza y siendo la oscuridad el factor que define las condiciones naturales durante la mitad del tiempo en este planeta, se haya prestado tan poca atención a su estado y a las consecuencias de su alteración. Poco a poco esto va cambiando; en la última edición del congreso de la [Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza](#) UICN, celebrado en Marsella del 3 al 11 de septiembre de 2021, se aprobó la moción [084 - Tomar medidas para reducir la contaminación lumínica](#) en la que se plantean medidas necesarias para la conservación de la oscuridad natural de la noche. Es importante destacar que la UICN es un órgano consultivo de Naciones

Unidas y que muchos Estados contemplan sus estudios y recomendaciones a la hora de diseñar su normativa y sus protocolos de actuación.

La luminosidad del entorno en el mediodía de un día despejado de verano es unos nueve órdenes de magnitud superior a la que hay a medianoche en el entorno natural con un cielo despejado sin luna. Esto significa que, en condiciones naturales, de día puede haber mil millones de veces más luz que de noche. Las especies que pueblan la Tierra se han adaptado a este ciclo de luz/oscuridad y la evolución ha favorecido a aquellas que obtienen mejores rendimientos del mismo. Algunas especies obtienen ventaja al aprovechar la luz del sol, otras la obtienen de la oscuridad y algunas son más activas en los momentos de cambio, es decir, en los crepúsculos.

Aunque el sistema de visión de los humanos nos permite desenvolvernarnos con cierta soltura durante la noche, somos una especie esencialmente diurna. Nuestro sentido más desarrollado, la vista, funciona a pleno rendimiento durante las horas de día. Es por ello que hemos desarrollado tecnologías para dotarnos de luz artificial durante la noche, alterando las condiciones naturales en nuestro beneficio y, en la mayoría de los casos, en perjuicio del resto de las especies. Debemos ser conscientes de esto cuando decidimos iluminar los espacios exteriores porque, como ya es bien conocido, la alteración del medio ambiente y sus efectos sobre especies y ecosistemas también tiene grandes perjuicios para nosotros.

El proyecto **Pirineos La Nuit. Estrategia pirenaica para la protección y mejora de la calidad del medio nocturno** (PLN) se articula para afrontar la problemática de la contaminación lumínica en el ámbito pirenaico. Para ello, hemos diseñado las acciones en torno a 3 ejes vertebradores: ciencia, divulgación y estrategia. PLN nace con un equipo transfronterizo compuesto por entidades cuya actividad se engloba en alguno de estos ejes a ambos lados del Pirineo: **GAN-NIK, C PIE65, SMVTPM, ACO, CCN y NICDO** (Jefe de Filas).

El plan de acción del proyecto fue diseñado para adquirir experiencia propia, centrada en el territorio pirenaico, en lo que respecta a la contaminación lumínica. La idea es contrastar esta información con los estudios científicos, normativos y sociales que se están llevando a cabo desde hace varios decenios en otras partes del mundo. Los resultados obtenidos se alinean perfectamente con la situación y las tendencias actuales en el resto del planeta.

La parte de ciencia de PLN (eje 3) ha trabajado en dos ámbitos: astro y bio. Las acciones científicas del ámbito astronómico incluyen una modelización 3D de la propagación de la luz en el Pirineo aplicada a tres puntos concretos: Sierra del Montsec en Lleida, Pic du Midi de Bigorre en Hautes-Pyrenees y frontera España-Francia en Larra, Navarra. También se han realizado cuatro tipos de mediciones de oscuridad del cielo nocturno: fijas, puntuales, móviles y participativas utilizando fotómetros especializados (TESS-W, SQM, TAS), espectro-fotómetros, sistemas con cámaras DSLR (SQC, Nikon D850+Sigma 8mm) y Apps para dispositivos móviles.

Los estudios de afección de la luz artificial a especies (ámbito biológico) se han centrado en macrolepidópteros nocturnos del pirineo occidental (entre las cuales se cuentan *Graellsia isabellae* y *Proserpinus proserpina*, ambas especies del Anexo II de la Directiva Habitats) y en distintas especies de murciélagos presentes en ambas vertientes del Pirineo.

Se han presentado los resultados de estos estudios en distintos congresos científicos, uno de ellos, el ALAN-2021, se celebró en formato mixto presencial/virtual en Lleida y fue organizado por el Parc Astronòmic del Montsec como una de las acciones de PLN. El director científico del PAM y el responsable de producción y pedagogía de Planetario de Pamplona formaron parte del Comité Organizador del ALAN2021 (y de la versión reducida del e-ALAN2020) en representación de PLN.

En el ámbito divulgativo (eje 4) de PLN, queda claro que el control de la luz artificial en horario nocturno es un asunto complejo que debe abordarse desde diferentes perspectivas. En la población se aprecia la voluntad y preocupación por el respeto al medio ambiente, pero esa sensibilidad no se suele traducir en una actitud activa para cambiar los hábitos que han llevado a la situación presente de emergencia climática. En lo que respecta a la luz, los criterios de la población son especialmente poco avanzados. Se sigue considerando la iluminación como un recurso inocuo desde el punto de vista medioambiental, bien valorado por la población y pocas veces se cuestionan las instalaciones innecesarias, sobredimensionadas o altamente contaminantes desde el punto de vista lumínico. Hay que seguir avanzando en la concienciación social para un uso adecuado de la luz durante las horas nocturnas trabajando para que la sociedad comprenda que la luz artificial, además de ser un recurso necesario en nuestras vidas es, al mismo tiempo, un contaminante para el medio ambiente. La emergencia climática declarada por la Unión Europea ha de tener consecuencias no solo en la descarbonización de nuestra economía, en el reciclaje, reparación y reutilización de los productos que fabricamos, en el uso sostenible de los medios de transporte o en la depuración de aguas y reciclaje de basuras. También hemos de considerar todo lo que tiene que ver con la producción y aprovechamiento de fotones artificiales que emitimos cada noche. Además, la producción de esos fotones artificiales en las farolas requiere de una potencia eléctrica que se genera con recursos energéticos no siempre renovables.

Para la elaboración del presente informe, como parte del ámbito de la estrategia de PLN (eje 5), se tiene en consideración los resultados de los estudios científicos y la experiencia de las acciones divulgativas realizadas en los ejes 3 y 4. Esta información resulta relevante para la definición de las recomendaciones técnicas, planes de acción, de ayudas, etc. que conformarán una estrategia para la protección de la oscuridad natural de la noche pirenaica.

Antes de entrar en materia, nos parece pertinente reflexionar sobre el propio concepto de contaminación lumínica. En este informe se habla mucho de ella y, paradójicamente, no es un concepto sencillo de definir. La primera actividad de la [Guía Didáctica](#) asociada al documental de planetario "[Pirineos la Nuit](#)" se refiere precisamente a esta definición. En esa actividad se presentan diversas definiciones de Contaminación Lumínica que aparecen leyes, reglamentos y que utilizan organizaciones y entidades. Desde el partenariado de PLN nos parece adecuada la que se utiliza en la [web](#) de la Red Española de Estudios sobre Contaminación Lumínica (*la alteración de la oscuridad natural del medio nocturno producida por la emisión de luz artificial*) pero queremos hacer constar un pequeño matiz. La aparición en nuestros cielos estrellados de las constelaciones de satélites para ofrecer servicios de internet satelital a nivel global está suponiendo una nueva fuente evidente de contaminación lumínica, al menos en lo que respecta a la alteración de una parte del paisaje nocturno, el cielo estrellado. Sin embargo, la luz que recibimos de estos satélites no es artificial, es el reflejo de la luz del Sol. Encontramos aquí, un caso claro de contaminación lumínica producido por luz natural. Por ello, la definición no debe centrarse tanto en el origen artificial de la luz, sino en el hecho de la participación humana en el vertido de luz en el medio nocturno. Por ello, la definición propuesta por el partenariado de Pirineos La Nuit para el término es:

**Contaminación lumínica** es la alteración de la oscuridad natural del medio nocturno producida por la emisión artificial de luz.

## 2. ESTADO ACTUAL DE LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

En los últimos 20 años se ha abierto una nueva línea de investigación en diferentes ramas de la ciencia, como consecuencia del imparable aumento de la contaminación lumínica. A pesar de que desde los años 70 del siglo pasado ya se había dado la alerta de las consecuencias de la iluminación artificial en ámbitos tan diversos como la ornitología, la reproducción de ciertas especies de tortugas o la astronomía, no es hasta la llegada del siglo XXI cuando la comunidad científica comienza a estudiar de manera sistemática los efectos colaterales de la luz artificial durante la noche.

La aparición de trabajos pioneros como los de [Longcore-Rich](#) y [Cinzano-Falchi-Elvidge](#), entre otros muchos, sentaron las bases para el estudio de la contaminación lumínica y sus consecuencias. En la actualidad, el número de estudios relacionados con la contaminación lumínica es tan amplio que resulta difícil hacer un seguimiento global. Existen redes nacionales e internacionales donde se comparte el conocimiento, se colabora estrechamente y se proponen acciones divulgativas, legislativas, educativas, sociales o de investigación científica. El entramado asociativo ha jugado un papel clave en el desarrollo de este movimiento en defensa de la noche. Es el ámbito astronómico, y en particular lo relacionado con la defensa de los cielos oscuros y el derecho a la luz de las estrellas, uno de los más activos en este momento. Así lo atestiguan las acciones promovidas por organizaciones de este ámbito como la [International Dark Sky Association](#) (IDA) y la [Fundación Starlight](#) que patrocinan figuras de protección del territorio en referencia a la contaminación lumínica. En España [Cel Fosc. Asociación contra la Contaminación Lumínica](#) y en Francia la [Association Nationale pour la Protection du Ciel et de l'Environnement Nocturnes](#) (AMPCEN) son asociaciones específicas para la defensa de la noche. Muchas organizaciones del ámbito astronómico, tanto amateur como profesional, destinan recursos y esfuerzos para la protección de los cielos estrellados, entre ellas la propia [Unión Astronómica Internacional](#), que cuenta con la [Comisión B7](#) para la protección de los observatorios presentes y futuros y promueve el encuentro [Dark and Quiet Skies](#) [cuya segunda edición](#) se celebró en 2021 en La Palma. En los últimos años, con el desarrollo de la actividad científica relacionada con la luz artificial, también han aparecido redes, foros, congresos y reuniones profesionales de investigadores donde se comparten y diseñan tanto

estudios de muy diferentes campos como estrategias de todo tipo para un mejor conocimiento del fenómeno, de sus consecuencias y también para su control. Ejemplos de estas iniciativas son la [Red Española de Estudios sobre Contaminación Lumínica](#) (REECL), el congreso [Artificial Light at Night](#) (ALAN), la red [Loss of the Night](#) (LoNNe), el congreso [Light Pollution: Theory, Modelling and Measurements](#) (LPTMM) o el [European Symposium for the Protection of the Night Sky](#) que este año ha celebrado ya su XV edición.

A pesar de la progresiva vertebración de un movimiento general en defensa de la noche, lo cierto es que la contaminación lumínica no ha dejado de crecer en los últimos años. En la actualidad se estima que lo hace a un ritmo anual superior al 2% lo que convierte a los fotones artificiales en uno de los contaminantes más descontrolados.

La llegada de la iluminación basada en emisores de estado sólido, LEDs principalmente, está cambiando el panorama del alumbrado en el mundo. La nueva tecnología presenta ventajas sobre las tradicionales lámparas de descarga y abre nuevas oportunidades para el uso inteligente de la luz. La mejora de la eficiencia y de los sistemas de control pueden permitir un importante ahorro en el consumo de energía y una óptima utilización de la luz producida, pero eso solo será posible si fabricantes, instaladores, administraciones y usuarios comprenden la naturaleza contaminante de la luz durante la noche. Es precisamente en el ámbito de la concienciación de las personas donde hay más camino por recorrer. La contaminación lumínica se entiende por muchos como un problema de los astrónomos, quienes nos quejamos porque nos impide contemplar las estrellas. Desde luego que este problema existe, es real y tiene su importancia, pero no es la única consecuencia de la contaminación lumínica y, para la mayoría, siendo la única que conocen, es la que menos les afecta.

Los trabajos de investigación sobre los efectos de la luz artificial en los campos del medio ambiente, la salud, la física o la psicología demuestran su importancia. Se han descrito multitud de efectos sobre animales y plantas que alteran complejos y muy variados ecosistemas produciendo incluso la extinción de especies. Se han descrito las alteraciones hormonales y algunas de sus consecuencias para la salud humana inducidas por la exposición de nuestro organismo a la luz artificial. Se trabaja intensamente en la monitorización y en el modelado de la propagación de la luz en la atmósfera y ya se tiene una estimación del estado actual y de la previsible evolución de la contaminación lumínica en el mundo. También se avanza en el conocimiento de nuestra relación con la luz y la oscuridad nocturnas en términos de sensaciones personales y colectivas relativas a la seguridad.

Todo este corpus de conocimiento que se está creando desde hace poco más de dos decenios es fundamental para dirigir las políticas relacionadas con el alumbrado nocturno hacia unas prácticas más razonables, sostenibles y armonizadas con el medio ambiente y nuestra propia salud y seguridad. Los intereses económicos ligados a la industria de la luz, aunque legítimos en muchos casos, no pueden sobreponerse a las evidencias aportadas por la ciencia. Las administraciones han de velar por las prácticas que salvaguardan el bien común atendiendo a la información científica disponible. Esto incluye el respeto por el medio ambiente, la salud, la cultura y el bienestar de nuestra sociedad.

Sin embargo, la contaminación lumínica continúa aumentando sin un control efectivo. Ni la legislación, ni la tecnología, ni las prácticas de profesionales de la iluminación, organismos gestores del alumbrado y ciudadanos están produciendo una disminución de la luz artificial presente en la noche. En realidad, es todo lo contrario. Como ya se ha comentado antes, se estima que la contaminación lumínica está creciendo en el mundo por encima del 2% anual, a pesar de la progresiva implantación de las nuevas luminarias LED que permiten un control preciso de las zonas que se iluminan y de la intensidad lumínica. En los últimos 25 años, la contaminación lumínica [ha aumentado un 49%](#) y más del 60% de la población europea no

puede ver la Vía Láctea desde su lugar de residencia. El [nuevo atlas mundial del brillo del cielo](#), elaborado a partir de la publicación del [artículo](#) en la revista Science en 2016, refleja la situación global del planeta. La comparativa con los [datos publicados en 2001](#) por el mismo equipo de investigadores refleja el ritmo actual al que estamos haciendo desaparecer la oscuridad de la noche.

En Francia, como veremos más adelante, se están tomando medidas que permiten atisbar un cambio de tendencia hacia una iluminación más inteligente, más respetuosa con el medio ambiente. Sin embargo, en España, esta tendencia no solo no se aprecia, sino que parece que se insiste en seguir aumentando la luz nocturna. En el momento de la redacción de este informe, se está a la espera de la aprobación del [Proyecto de Real Decreto que aprueba el Reglamento de ahorro y eficiencia energética y reducción de la contaminación lumínica de instalaciones de alumbrado exterior y sus instrucciones técnicas complementarias](#) por parte de los Ministerios de Industria, Comercio y Turismo y del Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico. Las organizaciones de defensa de la noche de España, coordinadas por la Red Española de Estudios sobre Contaminación Lumínica, estudió en profundidad el proyecto y elaboró una completa lista de alegaciones, que en la práctica se traduce en una nueva redacción de PRD. La propuesta fue enviada al Ministerio desde múltiples foros, [incluido el partenariado de PLN](#), que fue parte activa en la elaboración del documento. Esperamos que se tengan en consideración las propuestas presentadas como paso necesario para la progresiva descontaminación lumínica de la noche española.

Como consecuencia del enorme aumento del precio de la electricidad en España y en el resto de Europa, muchos municipios se han planteado la opción de apagar, o al menos reducir de manera importante la potencia de su alumbrado público. Como se puede ver en [este reciente artículo de Sánchez de Miguel, A. y Martín Ruiz, S.](#) es complicado conocer el gasto energético del alumbrado público en España y, en consecuencia, el impacto que tiene en los presupuestos de las entidades públicas que los soportan. Sería necesario abordar este problema de transparencia institucional para que la ciudadanía valore con datos reales si el beneficio de mantener el actual modelo de alumbrado es acorde al esfuerzo presupuestario que requiere.

Una de las particularidades a tener en cuenta cuando se habla de alumbrado y contaminación lumínica está relacionada con el aprovechamiento de la luz. Como se detalla [en un reciente estudio del profesor Salvador Bará](#), solamente uno de cada 22 millones de fotones reflejados en las superficies iluminadas es útil para la visión. Este valor se alcanza suponiendo una instalación de alumbrado perfecta desde el punto de vista de *utilancia*, es decir, una instalación en la que toda la luz emitida alcanza la superficie que se quiere iluminar. A la vista de este dato parece especialmente importante dedicar esfuerzos a la delimitación del área cubierta por la luz de las farolas y a limitar su intensidad y el tiempo de funcionamiento.

Para una revisión general del estado actual de la ciencia relacionada con la contaminación lumínica recomendamos la consulta al documento: [“Artificial Light at Night: State of the Science 2022”](#) publicado por la [International Dark-Sky Association](#) mientras se elaboraba este documento (mayo de 2022).

### 3. CONCLUSIONES DE LOS TRABAJOS REALIZADOS EN PLN

Los dos primeros ejes que configuran PLN, las acciones científicas y las divulgativas, se plantearon como paso previo necesario para la redacción del presente documento de conclusiones que se materializa en la **Estrategia Pirenaica para La Noche (E-PLN)**.

Dentro del eje científico, se han realizado estudios de dos tipos: astronómicos y de afección a fauna autóctona (macrolepidópteros y murciélagos).

#### 3.1. Estudios astronómicos.

**3.1.1 Modelización 3D.** Basado en el software *Ilumina*, del prof. Martin Aubé, se han realizado simulaciones en tres localizaciones relevantes del Pirineo: Sierra del Montsec, Pic du Midi de Bigorre y Frontera Francia-España en Larra, Navarra.

En los tres casos se ha comprobado la presencia de luz artificial en el horizonte (en particular en el Pic du Midi dada su situación geográfica tan especial).

La modelización del Montsec por parte de científicos del Instituto de Ciencias del Cosmos (ICC-UB-IECC) produjo un [artículo científico](#) y una [presentación](#) en un congreso. Las conclusiones de estos informes pueden encontrarse en [este documento](#). A modo de resumen podemos concluir que:

- Desde las tres localizaciones estudiadas el cielo no presenta niveles de contaminación lumínica por encima de 30°
- Desde las tres localizaciones, especialmente desde el Pic du Midi por su especial ubicación, se ve y se mide la presencia de luz artificial proveniente de las poblaciones cercanas y los halos lumínicos de las grandes ciudades que se encuentran más lejos.
- La mayor contribución a la contaminación lumínica del cielo proviene de los municipios de tamaño intermedio (entre 10.000 y 20.000 habitantes) situados entre 20 y 30 kilómetros de distancia de los puntos estudiados.

A la vista de estos resultados, hay que estar especialmente vigilantes de la evolución del alumbrado en estas localidades, pero también de las decisiones sobre esta materia que se tomen en las grandes ciudades. El cambio de alumbrado a LED blanco puede producir una menor emisión hacia las direcciones más problemáticas (horizontal y al hemisferio superior), pero la componente azul de esta luz generará más halos lumínicos que podrán afectar a la calidad del cielo en estos lugares remotos. En el Pirineo hay dos observatorios astronómicos profesionales, Pic du Midi y Montsec, cuyas ubicaciones se eligieron por sus extraordinarias características atmosféricas. Es importante tener en cuenta cómo las políticas de alumbrado de las grandes ciudades y de las poblaciones pirenaicas afectarán a estos emplazamientos. Con esta modelización 3D se puede estudiar el efecto sobre el cielo de estos lugares emblemáticos, cuando se realiza un cambio general de luminarias en una población. Por su contribución a la contaminación lumínica en el cielo de estos lugares, se recomienda especialmente controlar el alumbrado de las siguientes poblaciones:

- **Área del Montsec:** Balaguer, Tremp y Lleida. También por su importancia general hay que considerar el área metropolitana de Barcelona, las localidades de Alfarràs y Almacelles y las aragonesas de Tamarite de Litera, Binéfar, Monzón y Barbastro.
- **Pic du Midi:** Lourdes, Bagnères de Bigorre y Tarbes. La gran dispersión de la ocupación humana del territorio en Francia hace que se vea casi un continuo de luz desde el Pic. El halo lumínico de Toulouse combinado con la luz de poblaciones más cercanas podría presentar un problema para el cielo de este observatorio si continúa creciendo.
- **Larra:** Oloron Sainte-Marie, Pau y su área metropolitana, Arette y Jaca son quienes más contribuyen a la contaminación lumínica del cielo. No obstante, aunque no se refleja en el modelo, también es evidente la presencia de luz proveniente de Pamplona y su comarca, de la costa vasca (de San Sebastián a Bayona) y la luz combinada de Tarbes, Bedous, Lourdes y Argelès-Gazost.

**3.1.2 Mediciones fijas.** Se han instalado fotómetros TESS-W en diferentes puntos del Pirineo y, aunque en algunos casos ha sido complicada su instalación, se han obtenido series de datos interesantes ([Ver ANEXO I del Informe para la renovación de la certificación DTS-VdR](#)).

Cabe destacar las medidas realizadas por la [línea de fotómetros](#) que va desde Planetario de Pamplona hasta el edificio de El Ferial, en Larra. Se intentó instalar un fotómetro cada 10 kilómetros aproximadamente entre ambas localizaciones y, aunque algunos nunca llegaron a funcionar, se ha podido medir la degradación de la oscuridad del punto más alto del cielo, el cenit, según nos acercamos a la capital navarra.

También se instalaron fotómetros en Baztán (borda Esquisaroi) y en Ordesa (refugio de Góriz), que distan una distancia similar a la localización del fotómetro en Larra, unos 60 kilómetros. Esta segunda línea de fotómetros arroja resultados interesantes:

- Incremento en la nubosidad según nos desplazamos hacia el Oeste
- Menor oscuridad cenital en Baztán por la proximidad a la costa vasca densamente poblada
- Menores valores de oscuridad en Góriz que en Larra debido a la mayor altitud. Góriz está a 2.200 y Larra a 1.600 msm lo que hace que la extinción atmosférica sea menor en Góriz que en Larra

Comparando los datos de todas las estaciones de medición, encontramos los valores de oscuridad cenital más elevados en la Sierra del Montsec, algo también esperable por las

condiciones atmosféricas tan especiales de ese lugar.

**3.1.3 Mediciones Móviles.** Se han aprovechado las auditorías sobre la calidad del cielo que hay que elaborar para los procesos de certificación, los trabajos de Héctor Linares para su Tesis Doctoral y las acciones regulares del Parc Astronomic del Montsec, para realizar mediciones móviles de la oscuridad del cielo. Se trata de recorridos con un vehículo sobre el que se instala un fotómetro SQM coordinado con un dispositivo GPS. Con este sistema se generan mapas de oscuridad del cielo por los lugares que se recorre.

Los resultados en los valles del pirineo occidental navarro de Roncal y Salazar (pueden verse en el [Anexo IV del informe para la renovación de la certificación DT Starlight Valle de Roncal](#)) arrojan valores de oscuridad muy importantes entre poblaciones. Al mismo tiempo, en ciertas poblaciones como Ochagavía, hay un gran exceso de luz blanca proveniente de la nueva iluminación LED, muy inapropiada para ese enclave pirenaico.

En la [Memoria Técnica](#) realizada en 2017 por la empresa [Lumínica Ambiental](#) para la obtención de la Certificación Destino Turístico Starlight Valle de Roncal, se pueden encontrar también mediciones móviles realizadas por las rutas del valle.

**3.1.4 Mediciones Puntuales.** Como se ha comentado en la parte correspondiente a la modelización 3D, se aprovechó la noche de trabajo en Navarra para realizar mediciones puntuales de todo el cielo con la ayuda del recientemente desarrollado fotómetro TAS. Las medidas fueron coherentes con los datos de la Sky Quality Camera usados para calibrar el modelo 3D (pueden verse en el [Anexo III del informe para la renovación de la certificación DT Starlight Valle de Roncal](#))

También se han realizado medidas con TAS en varias localidades de Navarra. Estas medidas complementan los datos de los medidores fijos ya que sirven para caracterizar el horizonte completo.

Por último, se han obtenido miles de imágenes all-sky en numerosos lugares del Pirineo para la elaboración del documental fulldome "Pirineos la Nuit". Estas imágenes se podrán utilizar para medir el brillo del fondo del cielo, de la misma forma que se hace con la SQC. Las conclusiones de la información contenida en estas imágenes, a la espera de tener opción de procesarlas para su aprovechamiento científico, se presentan en la parte divulgativa.

**3.1.5 Mediciones Participativas.** Los socios de PLN hemos participado en varias jornadas públicas para la medición de la contaminación lumínica del cielo. Algunas han sido convocadas por los propios socios y en otras nos hemos sumado a campañas ya existentes como *Globe at Night* y *Vigilantes de la Noche*. Los resultados científicos de estas mediciones se explotan por equipos científicos internacionales ya que se requiere una gran cantidad de datos para poder realizar estudios estadísticos fiables. La finalidad principal de este tipo de acciones es divulgativa y de concienciación ciudadana.

## 3.2 Estudios Biológicos

**3.2.1. Macrolepidópteros nocturnos.** Los estudios astronómicos que miden la cantidad, color y dirección de la luz artificial presente en el cielo tienen importancia para determinadas especies que son sensibles a dichos parámetros. Se trata de medidas globales que tienen en cuenta la contribución de la luz de uno o de muchos municipios al aspecto del cielo nocturno. Para especies que desarrollan su vida en ámbitos locales, asociados a bosques y otras zonas en las

que la cantidad de luz en el cielo no es un factor determinante, son las **fuentes locales de luz** las que más influencia tienen. Éste es el caso de los insectos, grandes olvidados de la noche, pero con una importancia decisiva en procesos tan vitales como la polinización de las plantas. Los estudios de PLN relativos a la afección de la luz artificial a los insectos han sido desarrollados por GAN-NIK. El informe del estudio puede consultarse [aquí](#) y el resumen divulgativo [aquí](#).

El estudio analiza la atracción de los diferentes tipos de lámparas instaladas en los alumbrados de las poblaciones del Pirineo y pre-pirineo occidental sobre las poblaciones de macrolepidópteros nocturnos.

Las conclusiones principales que se obtienen de este estudio son las siguientes:

- Se demuestra la necesidad de considerar el ALAN (del inglés: Artificial Light At Night) como una amenaza general al medio ambiente.
- Las lámparas de vapor de mercurio (VM) son las que mayor impacto presentan sobre los macrolepidópteros nocturnos.
- Las lámparas de halogenuros metálicos cerámicos (HMC) tienen un impacto similar al de las lámparas de VM.
- Las lámparas de vapor de sodio a alta presión (VSAP) afectan significativamente a menos individuos de menos especies de macrolepidópteros que las de VM y HMC. No obstante, también ha quedado claro, que la luz de las lámparas VSAP afecta a *G. isabellae*.
- Las lámparas de LED blanco presentan una gran variabilidad en su atracción a las especies estudiadas, por lo que su instalación podría NO reducir de manera significativa el impacto sobre los lepidópteros y en particular sobre *G. isabellae*.
- **Las lámparas PC-Ámbar NO han producido ninguna captura documentada de *G. isabellae*.**

Los resultados de este estudio podrían ser generalizables en buena medida al conjunto de los insectos voladores nocturnos, como se ha podido comprobar en el caso de los escarabeidos. Estudios recientes ([Boyes et al., 2020](#)) han demostrado que existe una alta correlación entre las capturas de polillas y del resto de insectos nocturnos (al menos de aquellos con fototaxis).

La principal conclusión de este estudio es clara:

**Las poblaciones situadas en entornos naturales deberían disponer de alumbrado PC-Ámbar en sus calles y usar la mínima potencia posible.**

El **apagado del alumbrado** en las épocas de polinización y en las horas y momentos de mínima presencia de viandantes en las calles, se perfila como una acción deseable, tanto desde el punto de vista del medio ambiente como desde el punto de vista económico.

La instalación en estas poblaciones de **pulsadores para el encendido temporizado** de las farolas sería una acción altamente recomendable.

Una ampliación de este estudio, referente a la distribución de *G. Isabellae* en otras zonas de Navarra, que incluye también la caracterización del alumbrado de las poblaciones cercanas, está en fase de análisis de resultados en el momento de la redacción de este informe.

### 3.2.2. Murciélagos en Navarra. El trabajo “Evaluación de la sensibilidad y respuesta de las distintas especies de murciélagos ante las fuentes de iluminación urbana en el Pirineo navarro” realizado

por Juan Tomás Alcalde, Xavier Puig Montserrat e Iñaki Martínez por encargo de GAN-NIK analiza el impacto del ALAN en murciélagos. El informe de este trabajo puede encontrarse [aquí](#).

En él se analiza el impacto de las fuentes puntuales de luz sobre las especies de murciélagos presentes en el Pirineo occidental. Se ha encontrado que distintas especies se comportan de forma diferente frente a la luz, pero, además, una misma especie puede reaccionar de modo distinto si el área iluminada es una zona de refugio, de caza o de paso.

[Voigt et al. \(2018\)](#) realizan una revisión de estos trabajos y concluyen tres tipos de comportamiento de los murciélagos frente a la luz artificial: reacción adversa, neutra y oportunista. La adversa se observa en las especies que evitan o reducen su actividad en las zonas iluminadas. La respuesta neutra significa que el murciélago no se ve influenciado por la presencia de luz artificial. Una respuesta oportunista se produce cuando el murciélago se ve atraído hacia las zonas iluminadas.

Al considerar la actividad de caza de estos mamíferos en relación a la luz artificial, es preciso tener en cuenta también el efecto de esta sobre los insectos ya que muchos de ellos son atraídos por las fuentes de luz.

Considerando los datos globales recogidos en las grabadoras de ultrasonidos junto a farolas, las zonas iluminadas muestran una actividad muy superior (128 vuelos/hora de grabación) a las oscuras (10 v/h). Es decir, algunas especies oportunistas se ven atraídas por las farolas y concentran su actividad en su entorno. En este grupo se encuentran 6 especies o parejas de especies: *E. serotinus*, *N. leisleri*, *P. kuhlii*/*P. nathusii*, *P. pipistrellus*, *P. pygmaeus*/*M. schreibersii* y *T. teniotis*. Por el contrario, al menos 2 especies y las pertenecientes a otros dos géneros muestran aversión a las zonas con iluminación artificial, y su actividad es significativamente mayor en las zonas oscuras: *B. barbastellus*, *H. savii*, y los murciélagos de los géneros *Myotis* y *Plecotus*. El resto de especies o grupos de especies identificadas no ha mostrado una reacción significativa de atracción o rechazo hacia las zonas con iluminación artificial, pero no se puede afirmar que tengan una reacción neutra, ya que ello puede también ser debido a una insuficiencia de datos. Estos resultados son, en su mayoría, concordantes con los recopilados por Voigt et al. (2018).

En cuanto al efecto que produce cada tipo de luz, se ha comprobado la atracción de algunos murciélagos hacia zonas iluminadas artificialmente para las cinco clases de emisión estudiadas: VM, HMC, VSAP, LED blanco y LED ámbar. Sin embargo, el efecto es diferente según especies y tipos de luz. Las especies del género *Pipistrellus* son atraídas hacia todos los tipos de luz, mientras que, en el lado contrario, el murciélago hortelano (*E. serotinus*) sólo se ha visto atraído hacia las lámparas de VM. No obstante, es posible que estos datos estén relacionados con la muestra obtenida, ya que las especies del género *Pipistrellus* poseen, en general, poblaciones numerosas y por ello han sido las que mayor número de datos han suministrado.

En definitiva, se ha comprobado que la iluminación artificial utilizada en pueblos del Pirineo navarro (lámparas VM, HMC, VSAP, LED blanco y LED ámbar) interfiere en la actividad normal de los murciélagos. Ello probablemente favorece a algunas especies oportunistas, que encuentran mayor abundancia de presas concentradas cerca de las farolas, pero perjudica a otras que huyen las zonas iluminadas. Estos lugares pueden crear un “efecto aspirador” ([Eisenbeis 2006 \(pp 281-304\)](#) , [Verovnik et al. 2015](#)) al retirar insectos-presa de las zonas oscuras, alterando la disponibilidad natural de alimento en el medio. Los LED blancos y los LED ámbar, que son cada vez más utilizados para sustituir a las demás fuentes de luz, parecen

tener un efecto menor sobre el comportamiento de las mariposas ([Pawson y Bader, 2014](#)) y en consecuencia sobre la actividad de los murciélagos, como se ha comprobado en este estudio. Pero ello no significa que no provoquen afección: se ha observado una influencia significativa de este tipo de lámparas sobre al menos 5 especies o parejas de especies. En Inglaterra se ha comprobado que incluso las zonas iluminadas con LEDs blancos de baja intensidad son evitadas por algunas especies como el murciélago pequeño de herradura, *R. hipposideros*, pudiendo constituir auténticas barreras que aíslan poblaciones o reducen sus áreas de dispersión y campeo ([Stone et al., 2015](#)).

[Spoelstra et al. \(2017\)](#) observaron que, en el entorno de luces de color rojizo, tanto las especies de murciélagos luz-opportunistas (*Pipistrellus sp.*) como las luz-adversas (*Myotis sp.* y *Plecotus sp.*) muestran un comportamiento similar al registrado en condiciones de oscuridad.

Con estos resultados el estudio demuestra que distintas **especies de murciélagos se ven afectadas por la presencia de luz artificial en el entorno nocturno**, tanto de forma atractiva (al menos 6 especies o parejas de especies) como repulsiva (al menos 2 especies y las pertenecientes a 2 géneros).

A pesar de que la luz LED parece afectar en menor proporción a las especies sensibles a la contaminación lumínica, **se ha observado una influencia significativa de las lámparas LED sobre al menos 5 especies o parejas de especies de murciélagos**.

Por lo tanto, se aconseja **limitar el uso de luz artificial durante el horario nocturno a las horas y lugares estrictamente necesarios** para minimizar el efecto sobre las poblaciones de murciélagos.

**3.2.3. Murciélagos en el Parque Nacional de los Pirineos.** El trabajo “*Etude de la tolérance de deux espèces (Petit Rhinolophe et Grand Rhinolophe) et d’un groupe d’espèces (genre Myotis) à la pollution lumineuse*” realizado por técnicos del Conservatoire d’espaces naturels Midi-Pyréné y del CPIE-65 estudia el comportamiento de estos quirópteros según el grado de luz artificial presente en el cielo nocturno. El informe de este estudio puede encontrarse [aquí](#) y el póster presentado en el congreso e-ALAN2021 celebrado en el marco del proyecto PLN, [aquí](#).

El estudio se realizó en la parte de los Altos Pirineos del PNP, en zonas no urbanizadas situadas en alturas intermedias, principalmente en cuatro sectores: Aure, Luz, Cauterets y Azun. Inicialmente se creó una retícula con un total de 22.375 cuadrados de 250x250 metros. Cada elemento de la red se caracterizó por tres parámetros que permiten crear un código que define la calidad de cada uno de ellos. Los parámetros que se tuvieron en cuenta son:

- U (urbanización): Grado de urbanización del elemento
- F (Bosques): Grado de ocupación forestal en el elemento
- L (Luminosidad): Grado de Brillo del cielo

Para reflejar la relación conocida de estos quirópteros con las zonas húmedas, se evaluó también la distancia de cada cuadrado al agua. También, para dar respuesta al hecho de que los quirópteros no suelen tener sus hábitats en altura, se limitó la malla inicial a los cuadrados situados por debajo de 1.500 m.

De esta manera, la malla donde elegir los puntos de estudio se redujo al 30% de la inicial, es decir, a 6.417 cuadrados (unos 400 kilómetros cuadrados). Las escuchas se realizaron entre 2018 y 2019 por personal del PNP y del CPIE65 en un total de 268 puntos con el objetivo

principal de determinar si existe un nivel mínimo de calidad del cielo a partir del cual se reduce la actividad de estos quirópteros. El estudio comprende a las especies *Petit Rhinolophe* y *Grand Rhinolophe* y al género *Murin*.

Tras un completo tratamiento estadístico de los datos recogidos y teniendo en cuenta todas las variables anteriores, el estudio arroja las siguientes conclusiones:

- La presencia de individuos de la especie *Grand Rhinolophe* disminuye en lugares con un cielo más brillante que  $19,3 \text{ mag/arcsec}^2$  mientras que su pico de actividad se desvanece a partir de  $19,6$ .
- Los individuos de la especie *Petit Rhinolophe* no parecen verse afectados por la presencia de contaminación lumínica en el cielo. Al menos no se ha documentado en este estudio.
- Los individuos del género *Murin* tienen un comportamiento similar a los de la especie *Grand Rhinolophe*. En este caso, la probabilidad de presencia disminuye por debajo de  $0,5$  en lugares con un cielo más brillante que  $19,1 \text{ mag/arcsec}^2$

Estos resultados permiten concluir que, en el Parque Nacional de los Pirineos, **el cielo no debe tener una luminosidad de origen artificial superior a un valor comprendido entre  $19,1$  y  $19,6 \text{ mag/arcsec}^2$ .**

Para afinar mejor este rango mínimo de la calidad del cielo, los autores recomiendan la realización de un trabajo bibliográfico avanzado que permita comparar los resultados aquí presentados con los obtenidos por otros estudios.

El estudio de las otras variables locales que afectan a la biología de estos quirópteros (superficie forestal, distancia al agua, etc.) permiten concluir que **es importante mantener las condiciones naturales de oscuridad nocturna de forma prioritaria en las zonas boscosas, los prados y el entorno de los cursos de agua, especialmente en el fondo de los valles.**

### 3.3 Trabajos divulgativos

Los trabajos de divulgación sobre contaminación lumínica producen resultados interesantes que nos ayudan encontrar la forma más adecuada de transmitir el mensaje. La interacción con el público objetivo te hace comprender el estado actual de la relación de la población con la luz, en concreto los prejuicios, temores y, en general, el valor que se le da a la preservación de la oscuridad natural de la noche. Por otro lado, la adquisición de material audiovisual para la elaboración de los documentales, proporciona una visión del fenómeno que complementa lo que aportan los resultados científicos.

**3.3.1 Documental full dome “Pirineos la Nuit”.** La producción de este documental de planetario nos permitió pasar muchas noches fotografiando las estrellas en el Pirineo. Dada la naturaleza de las fotografías, era necesario pasar toda la noche junto a la cámara con objetivo all-sky, mientras se ejecutaban los time-lapses programados y se procedían a los necesarios cambios de batería. Esto nos permitió vivir la noche estrellada en algunos de los lugares más bellos del Pirineo como la Brecha de Rolando, el Col de Pombie, Larra, Ordesa, el Ibon de Llosas, el Pic du Midi de Bigorre, la selva de Oza, la sierra del Montsec o el Col d’Albere [entre muchos otros](#). En los periodos de cuatro horas que se necesitaba para completar cada serie de 480 tomas de  $25''$  de exposición (2 cada minuto) nuestro sistema visual se adaptaba a la oscuridad de manera completa. En esas condiciones se puede comprobar cómo somos capaces de percibir el entorno iluminados solo con la luz de las estrellas; incluso nos podemos mover entre las grandes piedras de un río pirenaico sin la ayuda de luz artificial. En esas condiciones, también

somos testigos de la incapacidad de apreciar los colores, ya que las últimas y las primeras luces del crepúsculo se confunden con los halos lumínicos de las ciudades lejanas que pueblan los horizontes pirenaicos. En las fotografías ambas luces se distinguen claramente ya que la luz artificial presenta una tonalidad mucho más anaranjada que la diferencia claramente del blanco-azulado que tiñe el cielo la luz crepuscular del anochecer y del amanecer.

También resulta evidente la diferencia de luminosidad en el ambiente entre los lugares situados en altura, desde los que se aprecia toda la línea del horizonte, y la que hay en el fondo de los valles, donde las montañas apantallan las cúpulas de luz. La noche es más intensa y la oscuridad más completa en los valles que en las cumbres, especialmente en el interior de los bosques de hayas en verano, donde incluso la luz de las estrellas es bloqueada por los árboles.

En esos lugares apartados las sensaciones son muy especiales. El sentido del oído, que durante el día ayuda a nuestra principal fuente de información que es la vista, adquiere una importancia especial aportando información útil del entorno.

En las ciudades, la grabación de secuencias 360º con la mirada puesta en el alumbrado, pone de manifiesto la enorme dispersión de la luz presente en nuestras calles, no solo debida al alumbrado general, sino la emitida por pantallas publicitarias, semáforos, iluminación ornamental, comercial, viviendas, vehículos, etc. La suma de todas esas emisiones lumínicas constituye el halo que se ve desde las cumbres pirenaicas.

**3.3.2 Observaciones de estrellas.** Las actividades de observación de estrellas permiten un contacto muy directo con el público. Mientras se visualizan las constelaciones y se cuentan sus historias, las personas adaptan su vista a la oscuridad y descubren que pueden ver razonablemente bien en condiciones en las que antes no veían nada. Con la vista adaptada a las condiciones de oscuridad natural se aprecia la contaminación lumínica presente en el cielo, especialmente en el horizonte, pudiendo identificar las poblaciones por el tamaño e intensidad de sus halos lumínicos. Muchos descubren este hecho por primera vez en estas sesiones de observación de estrellas.

La sensación que transmite el público que participa en estas sesiones de observación es que los halos lumínicos son una consecuencia inevitable del progreso y, en algunos casos, se detecta cierto orgullo al comprobar que el tamaño de la campana de luz de su población es mayor que la de otras poblaciones. Esta visión de la contaminación lumínica, de la eliminación como un índice del progreso de nuestra sociedad es uno de los conceptos más arraigados y más complejos de abordar. Ese cambio de mentalidad solo será posible a través de la educación y de la divulgación constante de las consecuencias de eliminar la oscuridad natural de la noche.

Otro hecho que queda patente en estas actividades es la poca exposición a la oscuridad de la mayoría de las personas. A lo largo de sus vidas, siempre que están activos lo hacen rodeados de niveles de luz tan altos que su sistema de visión nocturna apenas se activa. Por lo tanto, desconocen su propia capacidad de ver oscuridad y, en parte por eso, la temen. Experimentar el proceso de adaptación a la oscuridad y ser consciente de las capacidades de y limitaciones de tu sistema de visión es importante para establecer una nueva relación con la luz durante las horas nocturnas.

Después de una observación de estrellas, la vuelta a las condiciones habituales de luminosidad requiere de nuevo de un proceso de adaptación. Las primeras sensaciones de exceso de luz

son desagradables, pero nuestro sistema visual se adapta a la luz más rápidamente que a la oscuridad, lo que significa que enseguida volvamos a sentirnos cómodos con niveles de luz que, en realidad, no necesitamos.

**3.3.3. Charlas de divulgación y concienciación.** En las charlas con público general que hemos realizado a lo largo del proyecto (y desde muchos años antes) vemos que la mayoría entiende la contaminación lumínica como un problema de los astrónomos. En parte tiene es lógico, ya que muchos de los que hablamos de este asunto somos astrónomos. Siendo cierto que para la astronomía la contaminación lumínica es un problema importante, es más cierto que hay otras consecuencias que nada tienen que ver con las estrellas que sí importan a la mayoría de la ciudadanía.

La cuestión es que esas afecciones al medio natural y a la propia salud humana son grandes desconocidas por la mayoría de la población, incluso en el ámbito científico hasta hace relativamente poco tiempo. Por ello, muchos desconfían del discurso habitual de este tipo de charlas en lo que se refiere a esas otras consecuencias, sobre todo si es un astrónomo quien lo hace. Para hablar de luz artificial y medio ambiente se necesitan comunicadores del ámbito de la biología, para hablar de cómo la contaminación lumínica afecta a la salud hacen falta comunicadores del ámbito médico, para hablar de las soluciones técnicas para reducir o limitar la contaminación lumínica de una instalación hacen falta comunicadores del ámbito técnico (ingeniería), para hablar de soluciones legislativas se necesitan legisladores y, por último, para hablar de los procesos físicos que causan contaminación lumínica y de su propagación y de sus efectos en la visión del firmamento, se necesitan físicos y astrónomos.

Poco a poco van incorporándose a este asunto profesionales de otros campos, pero lo cierto es que los astrónomos seguimos siendo la mayoría de los que divulgamos sobre contaminación lumínica y así es difícil que deje de asociarse de manera exclusiva este problema con las estrellas.

Por si fuera poco, nos encontramos con una gran resistencia para que las personas asimilen la importancia de controlar la luz que ponemos en juego durante la noche. La causa es la sensación de seguridad que proporciona el alumbrado. Sentimos que las calles iluminadas son más seguras que las que están oscuras, y eso es cierto cuando tenemos la mayoría de los espacios públicos iluminados. Pero la luz no hace más seguras nuestras ciudades ni las carreteras, por mucho que tengamos esa sensación incrustada en nuestros cerebros. En las ciudades donde se ha decidido apagar el alumbrado han disminuido los índices de criminalidad. Esta afirmación no es una sensación, es un hecho.

Pero nuestras sensaciones y, muchas veces llevados por ellas, también nuestras opiniones, no entienden de datos. La gran mayoría no quiere renunciar a tener luz en las calles todas las horas de la noche, aun cuando la mayor parte del tiempo no la aproveche ni tenga intención de hacerlo. Para muchos, es prioritario que las calles estén iluminadas. Salvaguardar su sensación de seguridad importa más que *esas cosas que dicen los astrónomos*.

La desaparición de los paisajes nocturnos naturales, de las especies que dependen de esa oscuridad natural de la noche, de los efectos sobre nuestra propia salud de un uso descontrolado de la luz no se resolverán si no se plantea un debate serio y en profundidad del fenómeno en su conjunto. Y en ese debate, en la búsqueda de las soluciones, hacen falta todos los actores de la sociedad, también los astrónomos, pero no solo ellos.

**3.3.4 Reuniones con grupos profesionales.** Lo expuesto en el apartado anterior se refleja también en las reuniones que mantenemos desde años con técnicos y responsables de la Administración. También con profesionales del ámbito de la iluminación. Para ellos, de entrada, la cuestión de la contaminación lumínica se resuelve poniendo farolas que apunten hacia abajo. De esa manera, ya no se envía luz al cielo y deja de haber contaminación lumínica. Nada más lejos de la realidad, pero esa es siempre la visión de partida de aquellos con quienes nos reunimos por primera vez. Esto es así desde hace más de 20 años.

Lo cierto es que la luz también llega al cielo cuando se refleja en las superficies que se deben iluminar. Pero no es eso lo más importante. Cuando una farola ilumina el cauce de un río, está produciendo contaminación lumínica. La luz que se envía directamente a un monte, a un bosque, a una pradera, al mar o a la ventana de tu domicilio, también está produciendo contaminación lumínica. Además, en todos esos casos, la luz no produce ningún beneficio ni contribuye a aumentar nuestra sensación de seguridad, más bien al contrario, produce perjuicios.

Los profesionales de la iluminación han de liderar el cambio a un alumbrado de calidad. De ellos depende proponer sistemas inteligentes que pongan la luz donde, cuando y en la cantidad y calidad necesarias para la función que debe cumplir. Superar de una vez el tradicional sistema de *iluminación por inundación* de la misma manera que se ha superado el *riego por inundación*, por ineficiente, en la agricultura de regadío.

Más luz no es mejor, pero sí es más caro, más consumidor de energía y más contaminante. Se necesitan más profesionales, más gestores públicos y privados y más ciudadanos con esta nueva sensibilidad a la importancia de proteger la oscuridad.

## 4. NORMATIVA EN VIGOR EN EL TERRITORIO

En materia de legislación existen muy diferentes actitudes frente a la contaminación lumínica en general y al alumbrado público en particular, en las diferentes administraciones competentes en el territorio pirenaico. En Francia hay una ley general válida para todo el país, cuya aplicación en los distintos territorios se lleva a cabo por parte de los Sindicatos Mixtos de la Energía. En España existe una reglamentación con rango de Real Decreto que es aplicable a todo el país. Además, las Comunidades Autónomas pueden legislar para su territorio (como así lo han hecho Cataluña y Navarra) pero los ayuntamientos quienes ejecutan la mayor parte del alumbrado nocturno a través de las correspondientes ordenanzas municipales.

La Unión Europea por su parte, publica directivas y recomendaciones que suelen servir de guía tanto para los profesionales del sector de la iluminación como para los técnicos de las administraciones que redactan las normas.

### 4.1 Documentación de la Unión Europea

Como aparece [en esta sección](#) la web de la Red Española de Estudios sobre Contaminación Lumínica podemos ordenar la documentación de la Unión Europea en tres categorías:

#### **Estrategia sobre biodiversidad**

A propuesta de la Comisión Europea, el Parlamento Europeo adoptó en sesión plenaria la Resolución del Parlamento Europeo, de 9 de junio de 2021, sobre la "Estrategia de la UE sobre la biodiversidad de aquí a 2030: Reintegrar la naturaleza en nuestras vidas", que será la base del futuro desarrollo legislativo europeo en este ámbito.

En estos enlaces están los textos completos en [español](#) y en [francés](#).

#### **Criterios de contratación pública ecológica**

La Comisión Europea ha elaborado orientaciones dirigidas a las administraciones de los países de la UE para la inclusión de criterios medioambientales claros y verificables para productos y servicios en

los procesos de contratación pública ecológica. En el caso de la iluminación de carreteras los criterios de contratación incluyen la contaminación lumínica. El proyecto de elaboración de criterios en este ámbito ha sido coordinado por el Centro Común de Investigación de la Comisión Europea de 2016 a 2019.

El *DOCUMENTO DE TRABAJO DE LOS SERVICIOS DE LA COMISIÓN*, que incluye los *Criterios de contratación pública ecológica de la UE para iluminación de carreteras y semáforos* puede encontrarse aquí en [español](#) y aquí en [francés](#)

### Ciencia para políticas ambientales

Science for Environment Policy es un servicio de la Dirección General de Medio Ambiente de la Comisión Europea para ayudar a los responsables de la formulación de políticas a mantenerse al día de los últimos hallazgos de la investigación ambiental necesarios para diseñar, implementar y regular políticas efectivas.

Sobre contaminación lumínica ha publicado las siguientes hojas informativas (en inglés):

- [Street lighting affects insect biodiversity](#) (julio 2012)
- [Artificial light at night—the impact on plants and ecology](#) (mayo 2016)
- [Moth behaviour disrupted by street lighting, may affect pollination](#) (septiembre 2016)
- [Switching to LED street lighting could alter urban bat behaviour](#) (noviembre 2016)
- [Nocturnal use of LEDs negatively affects freshwater microorganisms, Germany](#) (enero 2019)
- [The 'Dark Ecological Network': strategically tackling light pollution for biodiversity and people](#) (octubre 2021) donde se menciona este proyecto Pirineos La Nuit.

## 4.2 Legislación en Francia

El 27 de diciembre de 2018 se aprobó la “*Arrêté du 27 décembre 2018 relatif à la prévention, à la réduction et à la limitation des nuisances lumineuses*”, el texto normativo básico que regula el alumbrado en el país. La versión actualizada el 2 de enero de 2020 puede encontrarse [aquí](#).

Se trata de una ley sencilla de 9 artículos de la que podemos destacar los siguientes puntos:

- Se establece un límite máximo a la cantidad de luz en las calles.
- Se establecen los horarios máximos de funcionamiento
- Se determina la temperatura de color máxima de la luz emitida por las lámparas
- Se fija la proporción máxima de luz sobre la horizontal (<1% con carácter general) y la distribución del flujo en el hemisferio inferior (superior al 95% en los  $3\pi/2$  sr en torno a la vertical, es decir, en el cono de semi-ángulo igual a  $75,5^\circ$ )

En todos los casos se trata **explícitamente de valores máximos**, por lo que permite alumbrados más respetuosos con el entorno y menos contaminantes por parte de los propietarios de las instalaciones.

Para una relación más completa de la legislación en materia de medio ambiente nocturno, incluido lo relacionado con la contaminación lumínica y el alumbrado, se recomienda la sección “[Legislación, Reglamentos y normas](#)” de la web de la Asociación Nacional para la Protección del Cielo y del Medio Ambiente Nocturnos ([ANPCEN](#)).

### 4.3. Legislación en España

El alumbrado de exteriores está regulado en España por un reglamento publicado con rango de Real Decreto, pero su aplicación está sujeta al menos a dos leyes nacionales y coordinada con el reglamento electrotécnico de baja tensión, publicado también como Real Decreto.

#### Marco legislativo general

- [Ley 7/1985](#) de 2 de abril, reguladora de las bases del régimen local en la que se establece la competencia municipal en protección contra la contaminación lumínica y en la prestación del servicio de alumbrado público
- [Ley 34/2007](#), de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera
- [Reglamento electrotécnico de baja tensión e ITC](#). Última modificación 16 de marzo de 2022.

#### Normativa específica sobre alumbrado

La norma básica que regula el alumbrado en España es el [Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07](#) publicado el 19 de noviembre de 2008 en forma de Real Decreto 1890/2008. Posteriormente se publicó la [Guía Técnica de Aplicación](#) de este reglamento y los [requerimientos técnicos exigibles para luminarias con tecnología LED de alumbrado exterior](#), que amplía el RD 1890/2008 a las instalaciones con tecnología LED. Para complementar esta norma básica se publicó también la [Orden Circular 36/2015](#) de 24 de febrero, sobre criterios a aplicar en la iluminación de carreteras a cielo abierto y túneles, que establece las carreteras de la Red de Carreteras del Estado que está justificado iluminar y los niveles de iluminación de las mismas.

El Ministerio de Industria, Comercio y Turismo con la colaboración del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico presentaron a exposición pública el [proyecto de modificación del Real Decreto 1890/2008](#). El plazo para la presentación de alegaciones fue del 21 de julio al 30 de septiembre de 2021. La Red Española de Estudios sobre Contaminación Lumínica presentó en plazo un [texto revisado](#), más progresista y avanzado en cuya elaboración participaron también miembros del partenariado de Pirineos la Nuit. A fecha de redacción del presente informe no se tienen noticias sobre el proceso en el que se encuentra la tramitación de este proyecto de Real Decreto.

#### Normativa específica para los observatorios del Instituto de Astrofísica de Canarias

Debido a la importancia de preservar las condiciones de los cielos del Observatorio del Roque de los Muchachos en la isla de La palma y del Observatorio de Izaña en Tenerife, el gobierno de España redactó legislación propia para estos lugares.

- [Ley 31/1988](#), de 31 de octubre, sobre protección de la calidad astronómica de los observatorios del Instituto de Astrofísica de Canarias
- [Real Decreto 243/1992](#), de 13 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley 31/1988, de 31 de octubre, sobre protección de la calidad astronómica de los observatorios del Instituto de Astrofísica de Canarias - Modificado por [Real Decreto 580/2017](#), de 12 de junio.

Para su correcta interpretación debe tenerse en cuenta el:

- [Catálogo de especificaciones técnicas aplicables a las instalaciones de alumbrado exterior sujetas al reglamento de la Ley 31/1988](#) creado por la Oficina Técnica para la Protección de la Calidad del Cielo (OTPC) del Instituto de Astrofísica de Canarias.

## Normativa para la evaluación de impacto ambiental

Dos leyes y una Resolución del Consejo de Ministros regulan la normativa para la evaluación del impacto ambiental en España:

- [Ley 42/2007](#), de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. Incluye la obligación de evaluar todo proyecto con repercusión en la Red Natura 2000
- [Ley 21/2013](#), de 9 de diciembre, de evaluación ambiental. Incluye las emisiones luminosas en el Estudio de Impacto Ambiental
- [Resolución de 6 de marzo de 2017](#), de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 24 de febrero de 2017, por el que se aprueban los criterios orientadores para la inclusión de taxones y poblaciones en el Catálogo Español de Especies Amenazadas. Incluye la contaminación lumínica en el listado de amenazas

## Normativa de las Comunidades Autónomas del ámbito pirenaico

Solamente dos comunidades autónomas han legislado en materia de alumbrado público con una mirada en la preservación de las condiciones naturales de la noche: Cataluña y Navarra. Los parlamentos de País Vasco y Aragón realizaron prospecciones sobre este asunto que no llegaron a materializarse en iniciativas legislativas parlamentarias.

**Normativa en Cataluña:** La [Ley 6/2001](#), de 31 de mayo, de ordenación ambiental del alumbrado para la protección del medio nocturno fue la primera de carácter autonómico que se aprobó en España. Tras un complicado proceso de elaboración, en 2015 se publicó el [Decreto 190/2015](#), de 25 de agosto, de desarrollo de la Ley 6/2001, de 31 de mayo, de ordenación ambiental del alumbrado para la protección del medio nocturno, que estipula los detalles de aplicación de dicha ley. Este reglamento fue, en el momento de su aprobación, uno de los más avanzados en materia de prevención de la contaminación lumínica.

**Normativa en Navarra:** Desde el 1 de abril de 2022 está en vigor la [Ley Foral 4/2022](#), de 22 de marzo, de Cambio Climático y Transición Energética en su Disposición Derogatoria Única, Punto 2 establece: “*Quedan derogadas expresamente las siguientes disposiciones:*

- *Ley Foral 10/2005, de 9 de noviembre, de ordenación del alumbrado para la protección del medio ambiente.*
- *Decreto Foral 199/2007, de 17 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo de la Ley Foral 10/2005, de 9 de noviembre, de ordenación del alumbrado para la protección del medio ambiente.”*

Esta normativa derogada era de características similares a la Ley de Cataluña, aunque el reglamento que la desarrollaba no estaba tan elaborado como en el caso catalán. En materia de alumbrado exterior la nueva Ley Foral 4/2022 se remite a la normativa nacional y establece algunas condiciones específicas para Navarra en los artículos siguientes:

- Artículo 14. Inversiones financiables, punto 1.E.b)
- Artículo 43. Eficiencia energética en el alumbrado exterior

- Artículo 77. Auditorías energéticas en las administraciones públicas, punto c)
- Artículo 78. Planes de actuación energética para la reducción de la dependencia de combustibles fósiles, punto 2 a)

## Normativa Local. Ordenanzas municipales

Las poblaciones españolas tienen el encargo de proporcionar el servicio de alumbrado que se regula por toda la normativa de ámbito superior, pero que se materializa a través de ordenanzas propias. No todos los municipios tienen redactados estos documentos, pero sí aquellos que disponen de un sistema de alumbrado de cierto tamaño y complejidad. Las ordenanzas municipales de algunas ciudades españolas cuyo alumbrado afecta a los Pirineos pueden encontrarse aquí:

**Girona:** [Ordenança de prevenció de la contaminació lluminosa de la il.luminació exterior de Girona](#)

**Barcelona:** Ordenanza de alumbrado no disponible a través de la web. [Información sobre Ecología, Urbanismo, Infraestructuras y Movilidad](#). No parece fácil encontrar la Ordenanza Municipal que regula el alumbrado de la ciudad.

**Lleida:** Ordenanza de alumbrado no disponible a través de la web. [Ordenança del Paisatge de Lleida](#), en la que se nombra al alumbrado ornamental y a la contaminación lumínica. La última revisión [aquí](#).

**Zaragoza:** [Normas Técnicas Municipales para Instalaciones de Alumbrado Público](#)

**Huesca:** No disponible a través de la web

**Logroño:** No disponible a través de la web

**Pamplona:** No disponible a través de la web

**San Sebastián:** No disponible a través de la web

Lo cierto es que, a pesar de toda la normativa en materia de alumbrado la contaminación lumínica sigue aumentando en España a un ritmo insostenible. La experiencia nos muestra que es necesario trascender el marco normativo si queremos conseguir un control real de este tipo de contaminación que está haciendo desaparecer la oscuridad natural de la noche.

## 5. OBJETIVOS DE LA E-PLN

La Estrategia Pirenaica para La Noche pretende poner en valor la importancia de preservar un patrimonio natural propio de este planeta: la oscuridad natural de la noche.

Como ya se ha presentado en este documento la degradación de la oscuridad nocturna está aumentando de manera sostenida en todo el mundo. La aparición de tecnologías más eficientes para la producción de luz artificial como los dispositivos de estado sólido basados en semiconductores electroluminiscentes o LEDs, lejos de significar una mejora para el medio ambiente nocturno, están posibilitando el llamado “efecto rebote” que produce un ahorro nulo en el consumo de energía al tiempo que aumenta la producción de luz. Es decir, se utiliza la mejora en la eficiencia, no para consumir menos energía, sino para producir más luz. Además, estos dispositivos que tienen la capacidad de realizar apagados/encendidos inmediatos y una versatilidad enorme para el control de la luz que emiten, se usan prácticamente con los mismos usos que las antiguas lámparas de descarga a las que están sustituyendo: se mantienen encendidos toda la noche y solo se regula su flujo a la mitad cuando llega el horario reducido. Para poder realizar un control fino de la luminosidad de las lámparas LED se necesita una electrónica y un software de control que deberían tener un precio mucho más asequible que el ofrecido por la mayoría de los instaladores. La disminución de la potencia emitida por las lámparas, además de significar un importante ahorro económico para los propietarios de las instalaciones, también alarga la vida de las mismas. Ambos hechos van en beneficio de los titulares de las instalaciones, mayoritariamente administraciones y, deberían tenerlo en cuenta a la hora de redactar los pliegos que regulan las adjudicaciones de este tipo de sistemas.

A la vista de la experiencia acumulada a lo largo de este proyecto y de los más de 20 años que llevamos trabajando en las áreas relacionadas con la contaminación lumínica, se hace patente el desconocimiento general y, en algunos sectores de la población, el desinterés por este asunto. Por tanto, para avanzar en su resolución y no llegar demasiado tarde para revertir algunas de sus consecuencias, son necesarias acciones en diferentes áreas, dirigidas a un público objetivo específico con mensajes claros adaptados a cada uno de ellos. Las áreas sobre las que vemos necesario incidir para abordar la problemática de la contaminación lumínica de forma integral son:

- **Investigación científica** para caracterizar por completo el fenómeno y conocer todas sus consecuencias y su magnitud y poder así planificar las soluciones óptimas en cada caso. Se deberá potenciar la creación y continuidad de los equipos científicos que investigan la contaminación lumínica en las diferentes áreas del conocimiento: afección a la salud humana, al comportamiento y salud de distintas especies (plantas, tortugas, aves, insectos, peces, corales, mamíferos, etc.), a los ecosistemas (relación entre diferentes especies), a la seguridad y sensación de seguridad de las personas, a la investigación científica del universo por parte de profesionales y amateurs de la astronomía, a los equipos científico-técnicos que desarrollan nuevas soluciones en el sector de la iluminación, etc.
- **Educación** para la ciudadanía del presente y del futuro. La relación con la oscuridad natural de la noche debería plantearse como una de las opciones formativas en el sistema educativo, especialmente en el ámbito de las experiencias extraescolares como excursiones, campamentos y estancias fuera de los lugares habituales de niños y niñas. Las experiencias personales a edades tempranas son un factor determinante en la educación. También las acciones de investigación adaptadas a los niveles de secundaria y bachillerato pueden ayudar a introducir la necesidad de preservar la oscuridad natural de la noche en estos últimos ciclos de la formación pre-universitaria. La [guía didáctica](#) asociada al documental de planetario Pirineos la Nuit es un ejemplo de actividades que pueden plantearse para este tipo de estudiantes.
- **Divulgación** para la concienciación de la población: usuarios del alumbrado nocturno, titulares públicos y privados y profesionales de la iluminación. Es una de las claves para abordar el problema ya que éste no parece que se vaya a resolver si la ciudadanía no asume que existe. A día de hoy se aprecia una escasa concienciación de la población en general con el uso de la luz, tanto en los espacios públicos como en los privados. No deja de ser llamativo que, siendo el cambio climático uno de los asuntos que más preocupan a la ciudadanía, esta preocupación no se aplique al consumo de energía que produce la luz durante la noche. Más allá del gran desconocimiento general de las consecuencias de la contaminación lumínica, se debería, al menos, prestar más atención al sobrecoste energético y económico que genera el uso innecesario de la luz.
- **Formación de profesionales** para la puesta en marcha de buenas prácticas en materia de alumbrado teniendo en cuenta las opciones que ofrecen las nuevas tecnologías. En esta materia se están produciendo avances significativos como parte de la formación continua de los profesionales del sector. No obstante, hay sectores en los que se priman las opciones más sencillas desde el punto de vista comercial y de ejecución que las más adecuadas para el entorno donde se instalan las luminarias. Es habitual trasladar criterios propios de zonas de intensa ocupación urbana durante la noche a pequeñas poblaciones rurales, lo que produce efectos muy adversos sobre el medio ambiente. Se ve necesario un plan integral de formación para empresas instaladoras, en particular para aquellas cuyo campo de actuación son las poblaciones rurales.
- **Normativa** para asegurar que se cumplen los principios de consenso de una iluminación responsable previo acuerdo entre todas las partes implicadas: científicos, instaladores, fabricantes, divulgadores, educadores, ONGs, administración y políticos. Este ámbito de la normativa abarca dos áreas principales: la legislación aplicable al sector del alumbrado y la gestión de las ayudas públicas que se destinan a la prestación de este servicio. En ambas áreas es necesario atender a las peculiaridades de cada entorno y a las consecuencias de la introducción de luz durante la noche. La normativa ha de dar respuesta a las demandas de la sociedad y a los retos que se presentan de manera constante en un mundo en continuo cambio.

Se proponen 3 ejes temáticos para el desarrollo de esta estrategia pirenaica para la noche:

## Eje 1: Información

En materia de conocimiento del fenómeno y de sus consecuencias se engloba todo lo relacionado con la investigación, tanto desde el punto de vista científico como sociológico. Los objetivos de la E-PLN en este ámbito son:

- OE1-1.** Establecimiento de los Pirineos como lugar de referencia en estudio de la propagación de la contaminación lumínica. Para ello se aprovecharán la experiencia y las instalaciones de lugares emblemáticos como el Pic du Midi, el Parc Astronómico del Montsec y el Planetario de Pamplona.
- OE1-2.** Creación de líneas de investigación sobre la situación de los ecosistemas y de las especies pirenaicas y las que cruzan o se acercan a los Pirineos, en relación con la contaminación lumínica.
- OE1-3.** Creación de líneas de estudio sociológico sobre la relación de la población con la luz y la oscuridad en los distintos núcleos de población del entorno pirenaico (tanto en áreas de los entornos naturales como en las grandes poblaciones)
- OE1-4.** Creación del *Mapa Lumínico del Pirineo* para el estudio de los usos actuales de la iluminación nocturna. Se necesitarán medidas nocturnas realizadas desde el aire y desde satélites.
- OE1-5.** Categorización de los lugares donde la degradación de la noche es más intensa y tiene un efecto mayor en el medio nocturno.

Como se ha comentado más arriba, creemos que es importante que el conocimiento del fenómeno y de sus consecuencias sea transmitido a la sociedad y, de manera específica, a cada grupo objetivo. Los objetivos de la E-PLN en el ámbito de la transmisión de la información son:

- OE1-6.** Creación de un programa de actividades educativas transfronterizas con contenidos que incluyan los valores de la noche.
- OE1-7.** Creación de un programa de formación en materia de alumbrado inteligente y respetuoso con el medio nocturno, destinado a profesionales del sector de la iluminación, técnicos de alumbrado y responsables municipales y regionales.
- OE1-8.** Creación de una línea de actividades divulgativas para la población en general centrada en la importancia de preservar la noche. Esta línea ha de incluir otros aspectos de la contaminación lumínica además de lo relacionado con la astronomía y el cielo estrellado. El medio ambiente, la seguridad ciudadana, la salud de las personas o el consumo energético, entre otros aspectos, deben formar parte de los contenidos de esta campaña de divulgación. Se incluyen en esta línea actividades como la producción de documentales y material gráfico, ciclos de conferencias, excursiones y paseos nocturnos en grupo, talleres, coloquios, charlas, etc.

## Eje 2: Acción

La descontaminación lumínica del pirineo sólo se producirá si se articulan acciones sobre las fuentes de luz que la producen. La solución global posiblemente tardará años, requerirá de grandes consensos entre todos los actores implicados y también la colaboración de administraciones que están fuera del territorio pirenaico. A corto plazo, y a modo de inicio del proceso, la E-PLN articula los siguientes objetivos para el plan de acción:

- OE2-1.** Elaboración de un plan de acción sobre municipios situados en áreas especialmente sensibles a la contaminación lumínica

- OE2-2.** Creación de una línea preferente de ayudas a la renovación del alumbrado en estos lugares con criterios medioambientales.
- OE2-3.** Creación de modelos de documentación oficial para pliegos y contrataciones relacionadas con el alumbrado.
- OE2-4.** Ejecución de un plan integral de cambio de alumbrado en municipios seleccionados con especial atención a la percepción social de la iniciativa y a la evolución de las sensaciones, opiniones y datos objetivos tras el cambio.
- OE2-5.** Creación de un sello propio para la categorización de los puntos de luz en función de su idoneidad para su instalación en los distintos territorios pirenaicos.

El objetivo a largo plazo es conseguir un alumbrado y un uso de la luz durante la noche que permita devolver a los Pirineos el estado de oscuridad natural, sin menoscabo al mismo tiempo, de la iluminación en las calles de las poblaciones, cuando ésta es necesaria.

### Eje 3: Normativa

Como se ha visto más arriba, actualmente existe una gran diferencia entre la normativa en materia de alumbrado del Norte y del Sur de los Pirineos. Dado que la luz no entiende de fronteras administrativas y que sus efectos se extienden a lo largo y ancho de los Pirineos, creemos que es importante armonizar la legislación aplicable a todo el territorio pirenaico.

Es bien conocido que, para que la legislación sirva a los intereses de la población y se aplique de manera efectiva, ha de nacer de un consenso entre las partes involucradas en la materia que se legisla. En el caso de la iluminación todos somos parte interesada, ya que el alumbrado público nos afecta y nos sirve a todos los ciudadanos. Por eso es tan importante fundamentar los objetivos de este eje 3 en las conclusiones derivadas de los procesos del eje 2. Al mismo tiempo, la normativa debe ser capaz de recoger las recomendaciones que emanan de los estudios científicos del eje 1.

#### Principios directores de la normativa en materia de control de la contaminación lumínica.

Creemos que es importante definir los principios directores que deben regir una normativa avanzada para el control efectivo de la contaminación lumínica ya que se trata de un problema transversal que afecta a múltiples ámbitos y cuyas consecuencias se extienden más allá de los límites municipales. De acuerdo con el estado de la ciencia y de la técnica actuales, el control efectivo y la reducción de la contaminación lumínica deben basarse en los siguientes principios:

- **Enfoque integral.** La contaminación lumínica debe abordarse con un enfoque integral que busque la protección del medio ambiente y de la biodiversidad, la ergonomía visual, la reducción del consumo total de energía, la promoción de la salud pública, la mejora de la seguridad vial, y la conservación y el enriquecimiento del patrimonio cultural. También ha de valorarse el coste integral de las nuevas instalaciones, incluidas las huellas de carbono de la fabricación y reciclaje de los nuevos elementos y de los que se retiran.
- **Atención a la sensación de seguridad desde una perspectiva de género.** El alumbrado nocturno altera la percepción de seguridad y los miedos asociados a la oscuridad de manera diferente en hombres y mujeres. Hay que tener en cuenta la mirada femenina a la hora de diseñar una reglamentación que sea útil para resolver los problemas derivados de esas sensaciones que condicionan los comportamientos de más de la mitad de la población.
- **Inter-territorialidad.** Los fotones no conocen fronteras, y los efectos de la contaminación lumínica

alcanzan en ocasiones lugares situados a decenas e incluso cientos de kilómetros de las fuentes. La planificación de emisiones de luz debe tener en cuenta no solo los efectos contaminantes que provoca en su entorno más cercano, sino también los que genera a largas distancias.

- **Gestión de la luz artificial en horario nocturno como agente contaminante.** Son agentes contaminantes aquellas formas de materia o de energía producidas por la actividad humana que, a consecuencia de ésta, están presentes en el medio ambiente en cantidades o concentraciones superiores a las naturales y causan, o se considera que pueden razonablemente causar, daños a los seres vivos, entre ellos a las personas, y a la percepción de los valores del patrimonio cultural material e inmaterial de la Humanidad.

La luz artificial en horario nocturno es un recurso no sólo útil sino imprescindible para la vida actual. Al mismo tiempo y como tantos otros recursos útiles, es un ejemplo de agente contaminante clásico que verifica plenamente los requisitos indicados en el párrafo anterior. Incluso en una instalación de iluminación vial ideal y técnicamente perfecta los ojos de cada persona usuaria captan menos de un fotón de cada veinte millones de fotones reflejados en el pavimento y las fachadas. El resto de partículas de luz acaba en lugares no deseados. La práctica totalidad de la luz artificial no llega pues al destino para el que fue producida, que es la retina de las personas que desean ver. La luz artificial en horario nocturno es, además de un recurso imprescindible, un agente contaminante, y debe ser gestionada como tal.

- **Uso de la mínima cantidad de luz.** Siendo la luz artificial en horario nocturno un agente contaminante debe utilizarse siguiendo el principio de emisiones mínimas (As Low As Reasonably Achievable). La opción general por defecto debe ser no iluminar, debiéndose justificar la necesidad de las nuevas instalaciones y de sus niveles de iluminación, y no a la inversa.
- **Uso de Indicadores de efectos finales.** Los efectos negativos de la contaminación lumínica se describen mediante indicadores de efectos finales, como, entre otros, el brillo artificial del cielo, la irradiancia espectral a la que está sometida una determinada zona natural, el deslumbramiento, la iluminancia sobre las ventanas de viviendas o la exposición de las personas a luz de determinadas bandas espectrales.
- **Control del efecto acumulado de todas las instalaciones.** La severidad de la contaminación lumínica en cada lugar depende de la cantidad total de luz artificial presente en el mismo, y esta a su vez viene dada por la suma de la producida por todas las instalaciones que lo afectan. El control eficaz de la contaminación lumínica no puede hacerse prestando solamente atención al efecto producido por una instalación determinada, sino que debe evaluarse de forma conjunta el efecto acumulado debido a todas ellas. Mantener los niveles de contaminación lumínica dentro de límites aceptables implica necesariamente mantener las emisiones totales de luz por debajo de unos límites máximos, que dependen de los anteriores.
- **Control del efecto acumulado de todos los tipos de alumbrado.** La acumulación de efectos señalada en el párrafo anterior está producida por la acción conjunta de todos los tipos de alumbrado que afectan a una localización dada (por ejemplo, la fachada de un edificio de viviendas), incluyendo el alumbrado vial y ornamental y cualesquiera otras fuentes de luz instaladas en parcelas públicas o privadas, o en interiores cuyas emisiones lleguen al exterior, entre ellas la iluminación comercial, industrial, ventanas de edificios residenciales, y otras, así como las señales y anuncios luminosos y el alumbrado festivo de cualquier tipo. A la hora de evaluar si se superan o no los niveles máximos admisibles de contaminación lumínica debe tenerse en cuenta el efecto conjunto de todos los tipos de alumbrado.

- **Planificación a largo plazo.** Dado que mantener los niveles de contaminación lumínica dentro de límites aceptables requiere físicamente no superar determinados límites máximos de emisiones, las Administraciones Públicas con competencia en cada territorio deben gestionar el uso de las emisiones disponibles mediante una planificación a largo plazo. La distribución de cantidades máximas de emisión de luz entre las unidades territoriales encargadas de su gestión debe hacerse teniendo en cuenta criterios de sostenibilidad medioambiental y social, prestando atención especial a las necesidades de las diferentes comunidades y sectores sociales.
- **Monitorización de los niveles de contaminación.** Los niveles de contaminación lumínica deben ser objeto de monitorización continuada en el tiempo por medio de instrumentación adecuada, de forma semejante a la monitorización de los niveles de ruido o de concentración de otros contaminantes atmosféricos (gases y partículas materiales). Ejemplos de variables relevantes son el brillo del cielo nocturno en bandas fotométricas estándar, la irradiancia sobre el terreno en bandas fotométricas de interés ecológico o la cantidad total de lúmenes emitidos en la región azul del espectro.
- **Responsabilidad.** Los titulares de las instalaciones y las Administraciones Públicas encargadas de su supervisión deberán estar claramente identificados, así como los mecanismos disponibles para asegurar el cumplimiento de las disposiciones reglamentarias.
- **Transparencia e información pública.** La información sobre los niveles de contaminación lumínica debe ser accesible para la ciudadanía, comunidad investigadora y actores sociales implicados, de la misma forma y por los mismos medios que lo es la relativa a otros parámetros de calidad medioambiental.

Con estos principios rectores los objetivos en materia de legislación de la E-PLN se pueden plantear en base al proceso para la obtención de un consenso general en el territorio que desembogue en la aprobación de un texto común en materia de iluminación nocturna.

**OE3-1. Redacción de un estudio jurídico integral de la normativa en vigor del territorio pirenaico en materia de iluminación nocturna.** Se identificarán los elementos comunes y los diferenciales y se incluirán también las recomendaciones de la Unión Europea y de la [Comisión Internacional de la Iluminación](#) (CIE por sus siglas en francés: Commission Internationale de L'Eclairage).

**OE3-2. Creación de un grupo de trabajo transfronterizo y multidisciplinar para la redacción de una propuesta de normativa propia de los territorios pirenaicos** que dé respuesta a las necesidades identificadas en los estudios realizados en PLN y en otros. El grupo de trabajo inicial debería estar formado por representantes de los distintos sectores relacionados con la iluminación: fabricantes, instaladores, técnicos de medio ambiente, técnicos de las administraciones, técnicos de los servicios de alumbrado y de seguridad ciudadana... y sí, también astrónomos.

**OE3-3.** Iniciar el proceso de negociación con los estados, comunidades autónomas/regiones y con representantes municipales para fijar la conveniencia y el alcance consensuados, que dote al territorio pirenaico de una normativa común en materia de iluminación que sea jurídicamente viable y medioambientalmente útil.

**OE3-4.** Crear un texto de ordenanza municipal basado en las conclusiones de las acciones piloto (4º objetivo del Eje 2: **OE2-4**) que sirva como modelo para sucesivas acciones en municipios pirenaicos.

## 6. ALINEAMIENTO CON LA EPiCC

En el portal del Observatorio Pirenaico de Cambio Climático ([OPCC](#)) de la Comunidad de Trabajo de los Pirineos ([CTP](#)) se puede descargar el documento de la Estrategia Pirenaica de Cambio Climático ([EPiCC](#)). En el texto de resumen a modo de introducción de se lee:

*“Los Pirineos son una biorregión de montaña especialmente vulnerable a los efectos del cambio climático. Las zonas de montaña, en general, son lugares con una gran diversidad de ecosistemas y, lamentablemente, donde la temperatura media anual aumenta más rápido que la media mundial. El cambio climático tiene un gran impacto en los sistemas biofísicos y socioeconómicos, como la flora, la fauna, los recursos hídricos, la energía, el turismo o el agropastoralismo.*

*Por ello, urgen políticas climáticas y los siete territorios pirenaicos de Francia, España y Andorra tienen directrices específicas al respecto. Sin embargo, la mayoría de ellos no tienen en cuenta dos factores diferenciadores: el enfoque transfronterizo y el carácter específico de la montaña. La Estrategia Pirenaica de Cambio Climático (EPiCC) proporciona un marco complementario a las estrategias existentes que tiene en cuenta estos dos elementos característicos.*

*La EPiCC se ha construido y desarrollado con la colaboración y contribución de cientos de personas de los ámbitos socioeconómico, político y científico. La estrategia pretende tener en cuenta todas las aportaciones relevantes de los siete territorios fronterizos. Este documento se elaboró entre junio de 2020 y septiembre de 2021, gracias a un proceso inclusivo y participativo que ha enriquecido la EPiCC con las sugerencias y opiniones representativas de la mayoría de actores pirenaicos.”*

La E-PLN comparte con la EPiCC la identificación de una necesidad específica del territorio pirenaico en las materias de las que se ocupan: la protección de la noche la primera y las acciones contra el cambio climático la segunda. Siendo el Cambio Climático el problema más complejo y, posiblemente, el de mayores consecuencias a que se enfrenta nuestra civilización, podemos entender la E-PLN como una pequeña ramificación de la EPiCC con la que comparte principios y objetivos. No obstante, la existencia de elementos diferenciales para la protección de la oscuridad natural de la noche justifica la elaboración

específica del presente documento estratégico.

*Las bases de la nueva estrategia transfronteriza contra el cambio climático para los Pirineos se pueden agrupar en los siguientes elementos:*

- **UNA VISIÓN para 2050:** *En 2050, los Pirineos serán un territorio resistente a los efectos del cambio climático.*
- **5 PRINCIPIOS FUNDADORES** *que se refieren a la cooperación transfronteriza; la generación y la transferencia de conocimientos, las acciones innovadoras, las acciones en sinergia con otras estrategias y la visibilidad de los Pirineos en Europa y en el mundo.*
- **5 OBJETIVOS ESTRATÉGICOS** *relacionados con el desarrollo del conocimiento, la gestión sostenible de la biodiversidad y los recursos naturales, la contribución a la transición ecológica y justa, la gestión coherente del territorio frente a los riesgos relacionados con el cambio climático, y la contribución a una gobernanza que favorezca el intercambio de conocimiento, la cooperación y la coordinación.*
- *La estrategia se organiza en torno a 5 SISTEMAS y 15 DESAFÍOS y se implementará mediante planes de acción en dos periodos 2030 y 2050.*
- **La EPiCC se basa en un nuevo sistema de gobernanza,** *especialmente importante para lograr los objetivos y avances propuestos, un sistema dinámico capaz de promover la coordinación horizontal con otras políticas sectoriales (relacionadas con el cambio climático) la coordinación vertical (con estrategias y políticas definidas a nivel estatal y europeo y acuerdos globales) y territorial (con estrategias regionales y locales). Al mismo tiempo, la gobernanza de la EPiCC debe integrar la gran diversidad de actores y entidades científicas, económicas, sociales y políticas de los Pirineos y permitir la creación de relaciones que se adapten en todo momento a las necesidades y cambios que exige un futuro incierto.*

La E-PLN puede ayudar a conseguir el primero de los grandes retos de la EPiCC, la resistencia a los efectos del cambio climático para 2050. Sería deseable, porque es factible, que en el plazo de 15 años el estado de oscuridad de los Pirineos haya mejorado sustancialmente como consecuencia de la implementación de las políticas propuestas en esta estrategia. Si eso se ha conseguido para 2040, el consumo energético derivado del alumbrado habrá disminuido de manera drástica ya que se hará un uso optimizado de la luz. Si algo ha quedado claro en estos años de estudio y de acciones de defensa de la oscuridad de la noche, es que **las políticas que son eficientes para el control de la contaminación lumínica, producen grandes ahorros de energía.** Por el contrario, si el fundamento de la política de iluminación nocturna es el ahorro y la eficiencia energética, a corto plazo se dispara la contaminación lumínica (se produce más luz con menos energía) y, en poco tiempo, aparece el conocido efecto rebote, que lleva a los municipios a aumentar la superficie iluminada y la potencia lumínica, lo que se traduce en un mayor consumo de energía total.

En la E-PLN se encuentran también los 5 principios fundadores de la EPiCC como elementos básicos para alcanzar una relación sostenible, útil y efectiva entre la necesaria oscuridad natural de la noche y la necesaria presencia de luz artificial en los espacios que lo requieren.

La cooperación transfronteriza es básica para el control de la contaminación lumínica ya que la propagación de la luz en la atmósfera no entiende de fronteras. La generación y transferencia de conocimientos aparece en la E-PLN de manera explícita a través de los objetivos del Eje 1: Información (OE1-1 a OE1-8). Las acciones innovadoras también aparecen de manera explícita en el Eje 2: Acción (objetivos OE2-1 a OE2-5). La inclusión de este punto 6 de la E-PLN ya muestra las sinergias de esta

estrategia con la EPiCC y aparecen nuevas oportunidades de colaboración con otros proyectos, especialmente con los de carácter medioambiental de afección a especies y ecosistemas (objetivos del Eje 1: Información, OE1-2 a OE1-4). Por último, el primero de los objetivos del Eje 1: Información, se refiere específicamente al principio fundamental de la EPiCC sobre la visibilidad de los Pirineos en Europa y en el Mundo.

En cuanto a los 5 objetivos estratégicos declarados en la EPiCC está claro que los tres ejes definidos en esta E-PLN: Información, Acción y Normativa, se alinean perfectamente con ellos. No puede ser de otra manera ya que ambos documentos persiguen un fin compartido, una visión que se centra en el respeto al medio ambiente y al uso sostenible y razonable de los recursos naturales, entendiendo el progreso de la sociedad como algo ineludiblemente ligado a nuestro entorno, en este caso los Pirineos.

En la EPiCC se abordan 5 sistemas con 15 desafíos para hacer frente al cambio climático en los Pirineos. Se puede crear una estructura organizativa diferente para abordar el reto de la descontaminación lumínica, pero también es factible aprovechar para la E-PLN, con los matices y las singularidades propias, el mismo enfoque sistémico planteado en la EPiCC.

Los dos desafíos asociados al sistema 1. Clima son asumibles de forma directa por esta E-PLN, como ya ha expresado a través de los objetivos OE1-1 y OE1-4 del *Eje 1: Información*. Este *Sistema 1. Clima* de la EPiCC se puede asociar con el concepto de densidad de fotones artificiales presentes en la atmósfera en un momento dado, ya que a esa densidad contribuyen todas las fuentes de luz independientemente del dispositivo que la emite, localización o de la función para la que se instaló. El segundo desafío: *Aprovechar las redes internacionales para visibilizar la vulnerabilidad de las montañas frente al cambio climático*, se adaptaría para el caso de la luz con el título: *Aprovechar las redes internacionales para visibilizar las particularidades de los Pirineos frente a la contaminación lumínica*. En este desafío se pondría en valor la gran diferencia entre la vertiente norte y sur del entorno pirenaico debida a la muy diferente orografía del terreno. Este hecho origina que la luz de muchas poblaciones francesas pueda ser visible de manera directa desde las cimas, algo mucho menos habitual en la vertiente sur por la presencia de múltiples sistemas pre-pirenaicos.

En referencia al sistema 2. *Espacios naturales resilientes*, es aprovechable directamente el desafío 4. *Afrontar la pérdida progresiva de biodiversidad frente a la contaminación lumínica*. El resto de desafíos son propios del cambio climático. En este sistema 2. La E-PLN añadiría un desafío nuevo relacionado con las especies que atraviesan o se acercan de manera temporal los Pirineos: *Asegurar que el tránsito de las especies que cruzan el Pirineo no se vea alterado por la contaminación lumínica*.

Los sistemas 3. *Economía de montaña adaptada* y 4. *Población y territorio* son válidos desde el punto de vista de la E-PLN con la mirada puesta en las posibilidades que ofrece el astroturismo en particular y el turismo de naturaleza en general.

Por último, en lo relativo a la gobernanza, la experiencia nos dice que es fundamental la existencia de una oficina técnica centrada en el control de la contaminación lumínica. Algo similar al OPCC, aunque dimensionado de forma adecuada a sus funciones que podría denominarse *Observatorio Pirenaico de Contaminación Lumínica OPCL*, para mantener coherencia con lo ya existente.

## 7. MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS PARA EL ALUMBRADO

El documento de trabajo de los servicios de la Comisión Europea que expone los [Criterios de contratación pública ecológica de la UE para iluminación de carreteras y semáforos](#), expresa de manera clara y reiterada el principio que debe regir la iluminación exterior:

**de noche, hay que usar el nivel de luz más bajo que sea razonable alcanzar**

(del inglés: **ALARA**, *As Low As Reasonably Achievable*)

El concepto se hereda de la exposición a la radiactividad (radiaciones ionizantes) donde se trata de manera habitual con las dosis máximas de radiación que son aceptables desde el punto de vista de la salud. Es la primera vez que un documento de tan amplio alcance identifica la exposición a la luz con los efectos que puede provocar en el medio y en los organismos. Evidentemente, la luz de las farolas tiene una función visual para los humanos que, a diferencia de la radiactividad, la hace útil para poder extender la actividad nocturna en nuestras poblaciones. Al mismo tiempo, la desaparición de la oscuridad natural de la noche tiene efectos nocivos que aconsejan minimizar la emisión de luz y, por lo tanto, tener en cuenta el principio **ALARA**.

Dado que el alumbrado es un servicio que se conecta y depende de una instalación eléctrica previa, antes de realizar cualquier actuación de carácter lumínico, es fundamental conocer el estado del cableado y de todos elementos que componen la instalación eléctrica a la que se va a conectar el sistema de iluminación. Para ello, se recomienda la ejecución de una **auditoría eléctrica** como paso previo al estudio, diseño y ejecución de la instalación lumínica. En Navarra ya se exige esta documentación para poder acceder a las convocatorias públicas de ayudas a la renovación del alumbrado.

En cuanto al sistema de alumbrado propiamente dicho, antes de plantear la renovación de una instalación en uso, conviene hacer algunas consideraciones previas que nos informarán sobre la idoneidad o no de la operación. En muchas ocasiones, basta con sustituir la potencia de las lámparas para conseguir un ahorro energético y una disminución de la contaminación lumínica importantes. Es el caso del Ayuntamiento de Madrid, que cambió lámparas de Sodio a alta presión de 250 W por otras de 150 en muchas calles del

centro de la capital reduciendo el resplandor del halo luminoso de Madrid con una inversión mínima y aprovechando al máximo la instalación que estaba, y sigue estando, en perfecto estado. El coste energético de las nuevas instalaciones y el reciclado de las que se quedan obsoletas también debe introducirse en el total de las emisiones que contribuyen al cambio climático.

El caso contrario es el que vemos en algunos pueblos del Pirineo, con instalaciones de alumbrado obsoletas y en mal estado que incluyen lámparas de vapor de mercurio muy gastadas, con muy baja eficiencia lumínica y, según demuestran todos los estudios, las más dañinas para las especies de hábitos nocturnos. Son esas instalaciones las que más deben priorizarse en todos los planes de renovación de alumbrado, incluidas las convocatorias públicas de ayudas.

Con estos principios generales sobre el uso eficiente de la luz y el estado de las instalaciones actuales, podemos elaborar una lista de buenas prácticas en materia de iluminación nocturna.

## 7.1. TIPO DE LUZ

El criterio general que se recomienda desde el partenariado de PLN es usar **luz cálida** durante la noche. Entendemos por “luz cálida” como aquella que tiene un componente mínimo de luz azul, la más perjudicial para el medio nocturno.

La mejor descripción de cada tipo de luz es su espectro, es decir, la cantidad de energía que contiene en cada longitud de onda. Este concepto tiene poca utilidad práctica a la hora de describir, de una forma sencilla, el tipo de luz que produce una lámpara. Por eso, se suelen utilizar ciertos parámetros que sirven para hacernos una idea del aspecto de esa luz. El más utilizado es la **temperatura de color correlacionada (CCT)**, que indica la temperatura en kelvin del cuerpo negro cuya luz tiene el color más parecido. A pesar de que la gran mayoría de las lámparas del mercado no producen la luz siguiendo los principios del cuerpo negro, se sigue utilizando este parámetro. Esa temperatura de color nos informa, de manera aproximada, de la cantidad de componente azul que lleva la luz de la lámpara. Así, decimos que:

**luminarias que emiten luz de más de 3.000K, son inapropiadas para iluminar los espacios exteriores de uso general.**

Aunque su uso no se ha extendido todavía, consideramos mucho más útil y preciso para el mundo de la luminotecnia, al menos en lo relacionado con la iluminación nocturna de exteriores, el llamado **Índice G**, ([here in English](#)) que mide la cantidad de luz azul que emite una lámpara por unidad de luz visible total emitida. De esta manera, el valor de G es más elevado cuanto menor es la cantidad de luz azul emitida por la lámpara. La propia Comisión Europea recomienda el uso del **Índice Espectral G** para cuantificar y limitar la cantidad de luz azul en su publicación [Green Public Procurement of Road Lighting](#). Usando el Índice G, el partenariado de PLN concluye que:

**el criterio para la elección de la luz más adecuada para la noche, en espacios exteriores de uso general, es  $G \geq 1,5$ .**

En el mercado se encuentran distintos LED etiquetados con la misma CCT, pero que dan distintos valores del Índice G. En concreto, no todos los LED etiquetados con CCT 3.000K cumplen con el criterio  $G \geq 1,5$  pero sí hay disponibles en el mercado LEDs 3.000 K que lo cumplen. Dado que la componente azul de la luz es la que más efectos tiene sobre la salud y el medio ambiente, creemos que debe primar el criterio del Índice G, sobre el de la CCT, ya que G nos indica la proporción de luz azul sobre el total de luz visible emitida.

Este criterio de uso general ha de adecuarse a los espacios y situaciones de uso en los que se instalan las luminarias. No es lo mismo iluminar una vía céntrica de una gran ciudad, en momento de elevada ocupación nocturna, que una población de menos de 100 habitantes situada en un entorno de alto valor ecológico pirenaico. Los criterios luminotécnicos en ambos casos deberán adecuarse a las necesidades reales de uso y al impacto medioambiental que provocan.

En lo que respecta al tipo de luz, si clasificamos el territorio en zonas E1 a E4, como se hace en la normativa española, creemos que un punto de partida puede ser la siguiente propuesta:

Zona lumínica	Descripción (RD 1890/2006)	Índice G	Ejemplos de lámparas existentes en el mercado que cumplen del criterio
E1	<b>Áreas con entornos o paisajes oscuros:</b> Observatorios astronómicos de categoría internacional, parques nacionales, espacios de interés natural, áreas de protección especial (red natura, zonas de protección de aves, etc.), donde las carreteras están sin iluminar.	$\geq 3,5$	LED IGPCAM: $G=6,4 / CCT=1726K$ LED pc_ambar: $G=5,1 / CCT=1728K$ LED ATP_Nichia_PCamber: $G=4,5 / CCT=1724K$ LED ATP_CREE_PCamber: $G=5,1 / CCT=1936K$ LED PC Ámbar RONCAL2: $G=5,2 / CCT 1727K$ VSBP: $G=3,8 / CCT=1834K$
E2	<b>Áreas de brillo o luminosidad baja:</b> Zonas periurbanas o extrarradios de las ciudades, suelos no urbanizables, áreas rurales y sectores generalmente situados fuera de las áreas residenciales urbanas o industriales, donde las carreteras están iluminadas.	$\geq 2,0$	LED pc_ambar: $G=5,1 / CCT=1728K$ VSAP: $G=2,2 / CCT=2010K$ LED: $G=2,1 / CCT=2244K$ LED 2200K IBIL2: $G=2,3 / CCT 2200K$
E3	<b>Áreas de brillo o luminosidad media:</b> Zonas urbanas residenciales, donde las calzadas (vías de tráfico rodado y aceras) están iluminadas.	$\geq 1,5$	LED 2200K IBIL2: $G=2,3 / CCT 2200K$ VSAP: $G=2,2 / CCT=2010K$ LSPDD LED 3000: $G=1,6 / CCT=2929K$ LSPDD LED 3000b: $G=1,51 / CCT=2948K$ LED IG 3000: $G=1,56 / CCT=3017K$
E4	<b>Áreas de brillo o luminosidad alta:</b> Centros urbanos, zonas residenciales, sectores comerciales y de ocio, con elevada actividad durante la franja horaria nocturna.	$\geq 1,5$	LED 2200K IBIL2: $G=2,3 / CCT 2200K$ VSAP: $G=2,2 / CCT=2010K$ LSPDD LED 3000: $G=1,6 / CCT=2929K$ LSPDD LED 3000b: $G=1,51 / CCT=2948K$ LED IG 3000: $G=1,56 / CCT=3017K$

En esta tabla no se contemplan las necesidades específicas de los centros astronómicos profesionales enclavados en territorio pirenaico (Pic du Midi y Sierra del Montsec). Para ellos es importante limitar el ancho de banda de la luz emitida en lugares próximos. Serán los astrónomos de estos observatorios quienes expondrán sus necesidades, contando con la experiencia de otros colegas de centros similares como el observatorio del Roque de los Muchachos, Calar Alto, Haute-Provence, etc.

## 7.2. CANTIDAD DE LUZ

La cantidad de luz que emiten las farolas está directamente relacionada con el consumo de energía. Más luz implica más consumo, más gasto y más contaminación lumínica. Por eso es importante controlar la intensidad de la luz del alumbrado durante las horas de la noche, tal y como refleja el principio **ALARA** expresado más arriba.

La propuesta para los niveles de iluminación máximos de los distintos tipos de viales que realiza este partenariado puede encontrarse en el [documento de alegaciones al PRD de Alumbrado ITC-EA-02 páginas 27 a 42](#). Se especifican valores correspondientes al alumbrado vial, alumbrados específicos, ornamental, de vigilancia y seguridad nocturna, señales y anuncios luminosos, festivo y navideño y aeronáutico. También se especifican los niveles máximos de deslumbramientos en alumbrados viales funcionales y ambientales y en otras instalaciones.

### 7.3. CONTROL DE LAS SUPERFICIES DIRECTAMENTE ILUMINADAS

Como norma general para las luminarias dedicadas al alumbrado nocturno, recomendamos la aplicación de la instrucción recogida en la [Ley de la República de Francia](#):

*La proporción máxima de luz sobre la horizontal ha de ser menor al 1% del total emitido por la luminaria (con carácter general) y la distribución del flujo en el hemisferio inferior debe ser tal que se cumpla que más del 95% debe estar incluido en los  $3\pi/2$  sr en torno a la vertical, es decir, en el cono de semi-ángulo igual a  $75,5^\circ$ . De esta manera se evita la emisión de una importante cantidad de luz en las direcciones más contaminantes y que producen más deslumbramientos como son las próximas a la horizontal.*

Cada farola o sistema de iluminación deberá tener definida su área de influencia, es decir, las superficies a las que pretende enviar luz de manera directa. Si las condiciones de diseño de la luminaria no son suficientes para evitarlo, se instalarán viseras, para-lúmenes o los elementos necesarios para evitar luz directa a ventanas de edificios, ríos, humedales, bosques, playas, mar, campos de cultivo, etc.

Dado que la luz reflejada en las superficies iluminadas inunda todo el entorno, es importante tener un control fino de los lugares a los que llega luz directa de las luminarias. Este factor, junto con el control del tipo de luz, de la intensidad (niveles) y del horario de uso, son las claves para una iluminación correcta, es decir, que sea útil para los fines que se ha instalado y al mismo tiempo se minimice la contaminación lumínica que, inevitablemente produce.

### 7.4. CONTROL DE HORARIOS

Durante muchas de las 4.000 horas al año que el alumbrado está encendido apenas hay nadie en la calle que lo aprovecha. La ocupación de las calles durante las noches que terminan en días laborables es muy baja y, en muchas poblaciones del entorno rural, también en festivos. Por ello, se procede de forma general a una reducción del flujo que emiten las farolas a partir de cierta hora de la noche.

La llegada de las instalaciones LED tiene una ventaja importante respecto de las tradicionales lámparas de descarga: permiten su encendido de manera instantánea y un control muy fino de cantidad de luz que producen. El aprovechamiento de estas propiedades de los LED puede ayudar al control de la contaminación lumínica sin perjudicar el servicio.

En los últimos años, la asociación francesa [ANPCEN](#) ha creado la marca [Villes et Villages Étoilés](#), que certifica a las comunidades y territorios involucrados en la mejora de la calidad del entorno nocturno, tanto para las personas como para la biodiversidad. Se propone la reducción de la contaminación lumínica, del consumo de energía, del coste de la factura eléctrica y la sensibilización de los habitantes en los diferentes aspectos de la contaminación lumínica. Algunos municipios adheridos a esta iniciativa incluso deciden apagar completamente el alumbrado durante las horas centrales de la noche. Tiene sentido hacerlo, ya que en muchos lugares la ocupación de la calle es

mínima y el mantenimiento del alumbrado no reporta ninguna utilidad. Incluso podría plantearse la instalación de interruptores temporizados, o detectores de presencia que enciendan las luminarias LED a demanda. De esta manera se garantizaría que el servicio de alumbrado está operativo, pero sólo se utiliza cuando se demanda.

La reducción de flujo en las horas centrales de la noche es una práctica que debe aplicarse a todas las instalaciones de alumbrado, independientemente de su potencia. En municipios del entorno rural, se debería reducir más del 50% y abrir la posibilidad de la extinción total si el municipio así lo demanda.

Los estudios medioambientales han de fijar épocas especialmente sensibles desde el punto de vista de la afección de la luz artificial a las especies. Por ejemplo, los estudios de PLN sobre afección a macrolepidópteros nocturnos citados más arriba en este documento, aconsejan una reducción especial de la potencia de las farolas en los meses en los que son más activas las mariposas nocturnas. En todos aquellos lugares donde se ha catalogado la presencia de *Graellsia isabellae*, los municipios deberían limitar su alumbrado al máximo durante los meses de mayo y junio. Lo mismo ocurre con el vuelo de las efímeras en verano ([ver noticia](#)) o con los momentos de paso de aves migratorias por los Pirineos, tanto en primavera como en otoño.

En cuanto a la iluminación ornamental, la legislación navarra ([Ley Foral 4/2022](#), de 22 de marzo, de Cambio Climático y Transición Energética) en su artículo 43. Eficiencia energética en el alumbrado exterior, Punto 8 dice:

*Toda iluminación ornamental, publicitaria y comercial deberá permanecer apagada durante el periodo nocturno en el que disminuya la actividad. Salvo excepciones y circunstancias de fuerza mayor, el comienzo de este horario reducido no podrá exceder de la medianoche. Las excepciones se determinarán reglamentariamente por el departamento con competencias en materia de energía.*

Estamos de acuerdo con este criterio excepto en la última frase. Entendemos que las excepciones al apagado ornamental en horario de flujo reducido deberán aprobarse por el departamento competente en materia de medio ambiente, no de energía.

Mención especial merece el alumbrado de señales, carteles, anuncios luminosos incluidas las pantallas publicitarias basadas en fuentes de luz de estado sólido, anuncios iluminados, alumbrado de escaparates, mobiliario urbano y edículos como marquesinas, etc. con la excepción de las señales y anuncios de tráfico en aquellos aspectos relativos a su función específica. Para todos ellos, desde el comienzo del crepúsculo civil matutino hasta el fin del crepúsculo civil vespertino, la luminancia de los rótulos y anuncios luminosos no podrá superar el doble de la luminancia media que tenga en cada momento el fondo que los rodea (la del cielo o la de la fachada en la cual están instalados, según sea el caso). Esta luminancia se estimará en un área angular no superior a un estereoradián. A tal fin, los rótulos y anuncios luminosos podrán estar equipados con sistemas elementales de control de luminancia basados en fotodiodos detectores de la luminancia ambiental en las direcciones indicadas.

Tanto en horario diurno como nocturno los rótulos y anuncios luminosos instalados en el interior de edificios, pero cuya luz alcanza el exterior no podrán tener una luminancia superior al doble de la que tenga en cada momento la fachada del edificio en el que se encuentran.

Todos los anuncios luminosos deberán asegurar durante el horario nocturno que su luminancia D65 equivalente en la banda melanópica (CIE S 026/E:2018) no supere el 4 % del valor correspondiente a la de la emisión de blanco.

## Agradecimientos

El partenariado de Pirineos La Nuit quiere agradecer de manera expresa la participación en la redacción de este documento y de los contenidos que se detallan en él a las siguientes personas:

- Salvador Bará, Universidad de Santiago de Compostela.
- Jaime Zamorano, Universidad Complutense de Madrid
- Alejandro Sánchez de Miguel, Universidad Complutense de Madrid
- Beatriz Iraburu, Kaizen-Eureka
- David Galadí-Enríquez, Centro Astronómico Hispano-Alemán de Calar Alto, Almería
- Susana Malón, Lumínica Ambiental
- Josep María Ollé, Cel Fosc, Asociación contra la Contaminación Lumínica
- Carlos Herranz, Colegio Oficial de Físicos de España
- Javier Díaz Castro, Oficina Técnica para la Protección del Cielo del Instituto de Astrofísica de Canarias
- Martin Pawley, Agrupación Astronómica Coruñesa Ío
- Anna Almécija, Cel Fosc, Asociación contra la Contaminación Lumínica
- Nicolas Bourgeois, Reserva Internacional de Cielo Estrellado del Pic du Midi
- Mari Carmen Martínez, CNAI.