

# GUÍA PRÁCTICA DE ILUMINACIÓN EXTERIORES

ALUMBRADO EFICIENTE Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA



OPCC - OTPC



OPCC - OIPC

**GUÍA PRÁCTICA  
DE ILUMINACIÓN  
EXTERIORES**

IAC/OIPC - CONAMA AURA CARSO ESO/OPCC  
TENERIFE - ANTOFAGASTA JULIO DE 2010

**COLABORACIONES** ↴ **AUTORES** ↴

Federico de la Paz Gómez (OTPC)  
Pedro Sanhuesa (OPCC)  
Javier Díaz Castro (OTPC)

STARLIGHT  
CIELOBUIO/ISTIL  
IDA  
CRONOLAB  
UNESCO

# GUÍA PRÁCTICA DE ILUMINACIÓN DE EXTERIORES

ALUMBRADO EFICIENTE Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

IAC/OTPC - CONAMA AURA CARSO ESO/OPCC  
TENERIFE - ANTOFAGASTA

JULIO DE 2010





# GUÍA PRÁCTICA DE ILUMINACIÓN EXTERIORES

	pág.
1. INTRODUCCIÓN	8
2. OBJETIVOS	8
3. CRITERIOS	8
4. TIPOLOGÍA DEL ALUMBRADO	11
5. LUMINARIAS Y PROYECTORES	13
6. LAS LÁMPARAS	13
7. DISEÑO DE LAS INSTALACIONES	15
8. IMPACTO SOBRE EL MEDIO NATURAL	19
9. IMPACTO SOBRE LA SALUD	20
10. REFLEXIONES FINALES	22



## 1. INTRODUCCIÓN ↴

La contaminación lumínica puede definirse como la introducción, directa o indirectamente, de luz artificial en el medio ambiente y sin embargo la que podemos evitar es la emisión de flujo luminoso de fuentes artificiales nocturnas en intensidades, direcciones, rangos espectrales u horarios innecesarios para la realización de las actividades previstas en la zona en la que se instalan las luces.

La contaminación lumínica se ha convertido en un problema a escala mundial que elimina de forma gradual la capacidad de observar la luz de las estrellas. Una nueva forma de despilfarro que acarrea impactos medioambientales y energéticos, daño a los ecosistemas y la degradación del cielo nocturno. La luz blanca supone una degradación del ambiente nocturno, desnaturalizando los espacios urbanos y sus alrededores, con consecuencias imprevisibles.



## 2. OBJETIVOS ↴

Esta guía está dirigida principalmente a aquellos profesionales que trabajan de una u otra manera en proyectos de iluminación tanto en el diseño, desarrollo, puesta en marcha, control y mantenimiento de las instalaciones de alumbrado de exteriores. Su objetivo es obtener un alumbrado eficiente, sostenible y respetuoso con el medio ambiente.

## 3. CRITERIOS ↴

### EVITAR LA EMISIÓN DE LUZ DIRECTA HACIA EL CIELO Y EN ÁNGULOS CERCANOS AL HORIZONTE.

- Usar luminarias con reflector y cierres transparentes, preferentemente de vidrio plano. Procurar no inclinar las luminarias sobre su posición horizontal.
- Usar luminarias con un porcentaje de emisión al hemisferio superior instalado inferior al 0,2% (preferentemente 0%) respecto al flujo total saliente de la luminaria, y especialmente evitar el envío cerca del horizonte (los primeros 10°, 20°) ya que produce un resplandor de 6 a 160 veces superior que el mismo flujo reflejado en el suelo.
- Procurar usar proyectores frontalmente asimétricos, con asimetrías adecuadas a la zona a iluminar e instalados sin inclinación.
- Utilizar apuntamientos (dirección de la intensidad máxima) de proyectores con ángulos inferiores a 70°. (Elo evita deslumbramiento a usuarios y vecinos).





## EVITAR EXCESOS EN LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN.

En lo que se refiere a los niveles de iluminación deberá atenderse, en este orden, a las leyes, reglamentaciones, normas y recomendaciones para establecer los niveles necesarios para la iluminación de espacios, edificios, monumentos y letreros públicos y privados en cada uno de los casos. Considerar los valores de estos documentos como valores objetivo a conseguir, no superando en ningún caso el 20% sobre los valores luminotécnicos indicados (aún considerándose mínimos).

Reducir los niveles de iluminación o incluso el apagado de la instalación a partir de ciertas horas de la noche o si la actividad o premisa que indujo su instalación cambiase de requisitos luminotécnicos (Ejemplo de alumbrado comercial a seguridad, reducción de la intensidad de tráfico, alumbrado de edificios y monumentos, carteles luminosos, etc.).

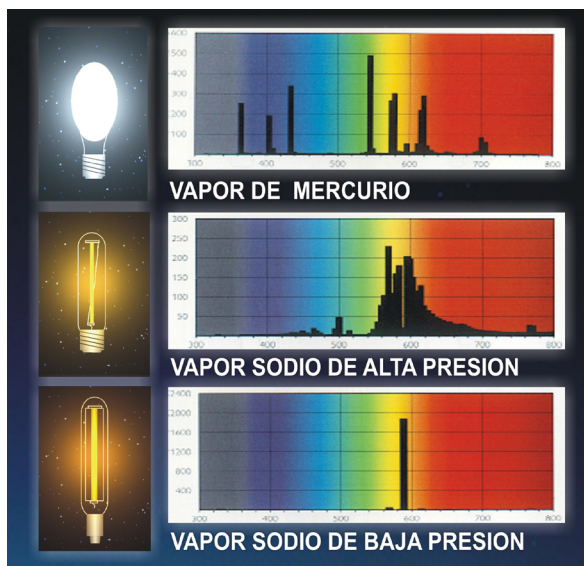
No justificar excesos de iluminación en nuevas instalaciones basado en el simple hecho que las existentes en el vecindario fueron proyectadas con exceso. Éstas deben ser corregidas antes de una nueva intervención.

No proyectar con exagerados niveles de iluminación en zonas socialmente conflictivas. Hay estudios que indican que los excesos de iluminación y especialmente el deslumbramiento incrementan el vandalismo.

## NO UTILIZAR LÁMPARAS CON RADIACIONES INFERIORES A LOS 500 NANÓMETROS.

Cuando el rendimiento cromático referido para una instalación no sea un objetivo primordial, utilizar como primer requisito lámparas cuyo conjunto lámpara/luminaria ofrezca la iluminación más eficiente pero con mínimas emisiones por debajo de los 500 nm (sin luz azul o UV).

Estudios hasta el año 2.002 indican que las lámparas con radiaciones en el azul y ultravioleta (mercurio) atraen hasta tres veces más insectos que las de vapor de sodio. Las radiaciones en torno a los 460-470nm son las que controlan ritmos circadiano de los seres vivos, por lo que su emisión nocturna produce daños y reducciones en la biodiversidad de los entornos naturales y enfermedades en las personas (incidencia en algunos tipos de cáncer, trastornos del sueño, etc.). Además, las emisiones inferiores a 500 nm. producen mayor deslumbramiento a las personas mayores por la pérdida de transmitancia en el cristalino.



Las nuevas lámparas LED de color blanco neutro y frío (>3000°K) tienen una fuerte emisión en 470nm (hasta 3 veces la máxima de la zona más visible) por lo que las hace especialmente dañinas para la salud y el medio ambiente.

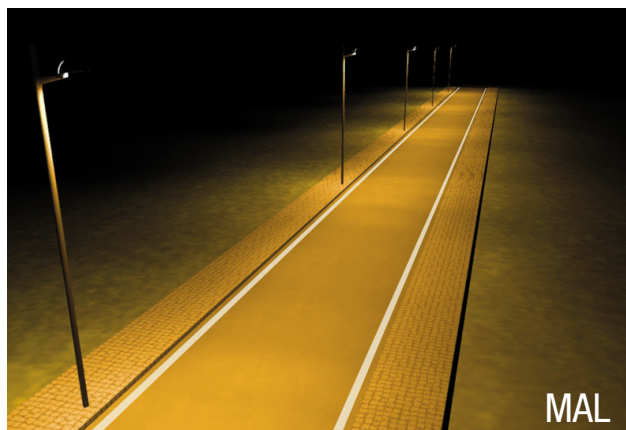
Se recomienda, cuando sea necesaria la luz blanca, el uso de LEDs de color blanco cálido (<3000°K), las cuales ya se encuentran disponibles en el mercado.

Por otro lado, la dispersión de la luz en la atmósfera (resplandor luminoso) en entornos limpios (observatorios astronómicos) es aproximadamente inversamente proporcional a la cuarta potencia de la longitud de onda por lo que una emisión en el color ámbar (590nm) es 3 veces menos dispersada que una en 440nm. Por estas razones, debe evitarse radiaciones por debajo de los 500nm (colores azules).

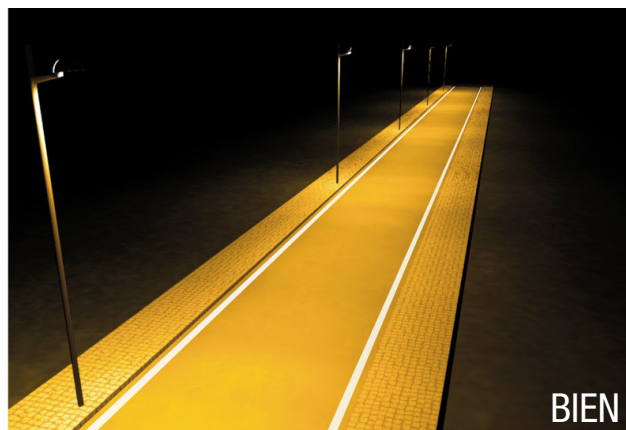


## DISEÑAR LAS INSTALACIONES CON EL MÁXIMO FACTOR DE UTILIZACIÓN.

Deberá cuidarse que el factor de utilización mantenido (K) en la vía, calzada, plaza o recinto sea superior al 30% o la utilancia superior al 40%, evitando colocar las luminarias o los proyectores alejados de la zona a iluminar o en su caso minimizar la luz proyectada fuera de la zona útil. ( $K = \text{iluminancia media mantenida multiplicado por la superficie de cálculo y dividido por los lúmenes instalados}$ ).



MAL



BIEN

## EN ALUMBRADO ORNAMENTAL, LOS PROYECTORES SE INSTALARÁN PREFERENTEMENTE DIRIGIDOS DE ARRIBA HACIA ABAJO.

Existe un amplio abanico de dispositivos y ópticas a utilizar dependiendo de la ubicación y tamaño del objeto a iluminar, por lo que se puede evitar sobredimensionar las instalaciones y no proyectar luz más allá de la zona de interés (evitar empotrados en el suelo hacia arriba).

Si fuera preciso, se instalarán viseras, paralúmenes, deflectores o aletas externas que garanticen el control de la luz fuera de la zona de actuación.

En todo caso, después de media noche o antes, debe mantenerse apagado este tipo de instalaciones, existiendo también la opción de usar reductores del flujo lumínico, preferentemente automáticos y con sistemas que garanticen su funcionamiento horario.



## A PARTIR DE MEDIA NOCHE:

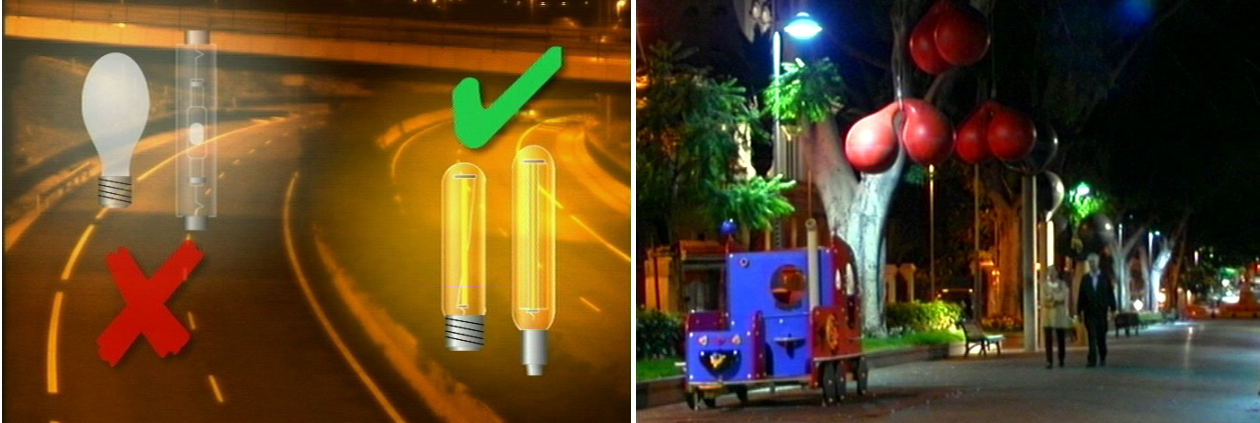
1. Apagado del alumbrado deportivo, anuncios luminosos y todo aquel que no es necesario para la seguridad ciudadana.
2. Reducir la iluminación a los niveles mínimos recomendados y adaptados a la reducción de la actividad en ese horario.

## NO UTILIZAR CAÑONES DE LUZ O LÁSERES CON FINES PUBLICITARIOS, RECREATIVOS O CULTURALES.

## ALUMBRADO FUNCIONAL Y AMBIENTAL

Se definen como alumbrado funcional las instalaciones de alumbrado vial de autopistas, autovías, carreteras y vías urbanas.

Sin embargo se considera alumbrado ambiental al que se ejecuta generalmente sobre soportes de baja altura (3-5 metros) en áreas urbanas para la iluminación de vías peatonales, comerciales, aceras, parques y jardines, centros históricos y vías de velocidad limitada.



## ALUMBRADO ORNAMENTAL Y DECORATIVO

Se consideran alumbrados ornamentales los que corresponden a la iluminación de fachadas de edificios y monumentos, así como estatuas, murallas, fuentes, jardines, etc., y paisajista de ríos, riberas, playas, frondosidades, equipamientos acuáticos y similares.



## ALUMBRADO DEPORTIVO

Se consideran como alumbrado deportivo aquellos destinados a la iluminación de áreas donde se llevan a cabo actividades deportivas y recreacionales. Este tipo de iluminación se suele realizar desde una gran altura.





## LETREROS LUMINOSOS Y AVISOS

Es el correspondiente a señales, carteles, anuncios luminosos, anuncios iluminados, alumbrado de escaparates, mobiliario urbano, marquesinas, cabinas telefónicas, etc. Se excluyen de este tipo todas las señales y anuncios de tráfico.



## ALUMBRADOS ESPECÍFICOS

Aparte de los alumbrados anteriormente mencionados existen tipos de alumbrado para zonas o utilizaciones concretas y específicas. Los más destacados son los siguientes:

- Alumbrado de Pasarelas Peatonales, Escaleras y Rampas
- Alumbrado Adicional de Pasos de Peatones
- Alumbrado de Pasos a Nivel de Ferrocarril
- Alumbrado de Glorietas y calles sin salida
- Aparcamientos de vehículos al aire libre
- Alumbrado de Áreas de Trabajo Exteriores
- Alumbrado festivo y navideño
- Alumbrado exterior en viviendas



## 5. LUMINARIAS Y PROYECTORES

### DEFINICIÓN DE LUMINARIA Y PROYECTOR:

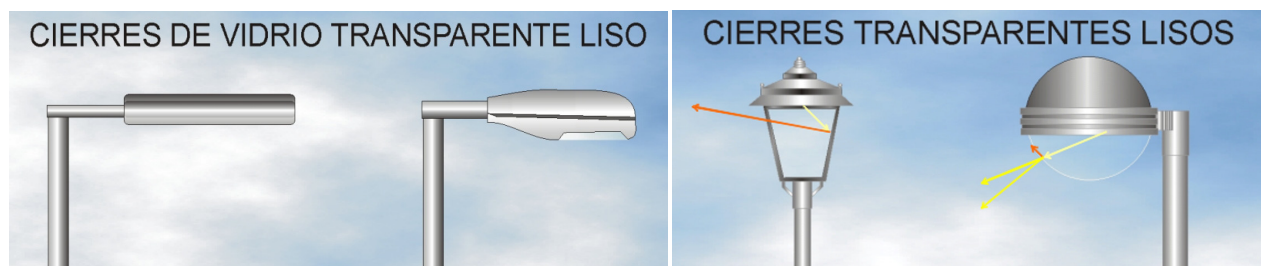
Son aparatos que distribuyen, filtran o transforman la luz emitida por una o varias lámparas y que contienen todos los accesorios necesarios para fijarlas, protegerlas y conectarlas al circuito de alimentación eléctrica, desempeñando por tanto una triple función fotométrica, mecánica y eléctrica. A nivel fotométrico, estos aparatos son responsables del control y la distribución de la luz emitida por la lámpara.

Las luminarias convencionales usadas en el alumbrado funcional y ambiental disponen de una fotometría ajustada para estas áreas e iluminando de forma más efectiva en el eje perpendicular la luminaria.

En el caso de los proyectores podemos encontrar diferentes configuraciones que van desde fotometrías muy concentradas hasta aquellas que, con un desplazamiento de la lámpara, se consigue llegar a largas distancias sin inclinar los proyectores (proyector asimétrico).

### REQUISITOS PARA LAS LUMINARIAS:

1. Usar luminarias con reflector y cierres transparentes, preferentemente de vidrio plano o lenticular y con un flujo hacia el hemisferio superior inferior al 0,2%.
2. Utilizar ópticas con luminarias de alto rendimiento (>55%) y cuyo haz luminoso se adapte a la superficie a iluminar de forma que se ilumine sólo lo necesario y el diseño tenga un alto factor de utilización mantenido.
3. Una luminaria, al igual que cualquier equipo eléctrico, deberá cumplir una serie de requisitos de seguridad referentes al aislamiento eléctrico (es recomendable un IP65 para la gran mayoría de las aplicaciones), seguridad mecánica (IK), etc.



## 6. LAS LÁMPARAS

### DEFINICIÓN DE LÁMPARAS:

Las lámparas que normalmente se usan en alumbrado de exteriores son las de descarga y se pueden clasificar según el gas utilizado (vapor de mercurio o sodio) o la presión a la que este se encuentre (alta o baja presión). Las propiedades varían mucho de unas a otras y esto las hace adecuadas para algunos usos u otros. En el último tiempo se ha producido un gran desarrollo de los diodos emisores de luz, más conocidos por su acrónimo en inglés: LED y que cada vez es más popular su uso en exteriores.

### TIPOLOGÍA DE LÁMPARAS PARA EXTERIORES:

#### Lámpara de fluorescencia:

Es una lámpara con vapor de mercurio a baja presión y que es utilizada normalmente para la iluminación doméstica e industrial. Su gran ventaja frente a las incandescentes, es su eficiencia energética. En alumbrado exterior se utiliza normalmente en balizas y existen diversidad de potencias, temperaturas de color y sistemas de conexión. Su vida media es relativamente corta (10.000 horas). Es recomendable el uso de lámparas con temperatura de color inferior a 3000°K por su menor impacto en el medioambiente y la astronomía.



### Lámpara de vapor de mercurio y luz mezcla:

A diferencia de las fluorescentes, la descarga se produce a alta presión. Este tipo de lámparas también contienen vapor de mercurio y su espectro posee una gran cantidad de radiación ultravioleta, lo cual es muy perjudicial para la astronomía y el medio ambiente. Su eficiencia energética es mala en comparación con otras lámparas usadas en alumbrado público. Cada vez su uso es menor, incluso se prevé la prohibición de su utilización en Europa en los próximos años.



### Lámpara de vapor de sodio de alta presión:

La lámpara de vapor de sodio está compuesta de un tubo de descarga de cerámica translúcida, con el fin de soportar la alta corrosión del sodio y las altas temperaturas que se generan. En los extremos tiene dos electrodos que suministran la tensión eléctrica necesaria para que el vapor de sodio encienda. Su gran eficiencia unida a su gran duración (25.000 horas aproximadamente) la han hecho merecedora de ser la lámpara más usada en alumbrado público. Su rendimiento cromático no es alto aunque suficiente para la mayoría de las situaciones. Su gran capacidad para contrastar los objetos la hace bastante recomendable para zonas de circulación de vehículos.



### Lámpara de vapor de mercurio con halogenuros metálicos:

Como otras lámparas de descarga de gas, la luz se genera pasando un arco eléctrico a través de una mezcla de gases. En una lámpara de halogenuro metálico, el tubo compacto donde se forma el arco contiene una mezcla de argón, mercurio y una variedad de halogenuros metálicos. Poseen una eficacia moderada y una vida corta (10.000 horas aproximadamente) pero su gran atractivo reside en la gran capacidad de reproducción cromática, que las hace apropiadas para instalaciones ornamentales, deportivas y recreativas. Existe una variedad tipología, siendo la más recomendada, la nueva lámpara de halogenuros metálicos con tecnología cerámica y temperatura de color inferior a 3000°K, dada su menor radiación ultravioleta e impacto medioambiental.



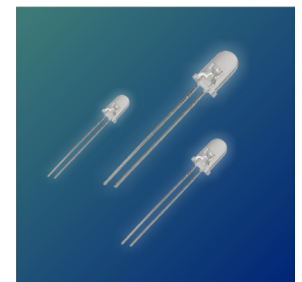
### Lámpara de vapor de sodio de baja presión:

Su funcionamiento es similar a las lámparas de vapor de sodio de alta presión, pero en este caso el gas está a baja presión. Esta lámpara es la que genera más lúmenes por vatio del mercado. Su uso se destina principalmente al alumbrado de grandes avenidas, autopistas, calles, parques y donde la reproducción de los colores no sea un factor importante (luz monocromática). Su vida media es bastante alta (23.000 horas) y desde el punto de vista astronómico y medioambiental es la mejor opción para usar en alumbrado exterior.



### LED (Diodo emisor de luz):

Es un dispositivo semiconductor (diodo) que emite luz de espectro reducido cuando se polariza de forma directa la unión PN del mismo y circula por él una corriente eléctrica. El alumbrado con LED (o alumbrado en estado sólido) ha revolucionado el modo de iluminar, ya que a diferencia de las lámparas de descarga, estos diodos no generan emisión de flujo radiante, pudiéndoseles acoplar diferentes tipos de ópticas, emitir luz de diversos colores y a su vez pueden ser controlados y modulados electrónicamente. En los últimos años su eficiencia ha crecido enormemente y se espera que los próximos años crezca aún más. Desde el punto de vista astronómico y medioambiental existen LEDs con temperatura de color cálido (<3000°K) con bajo contenido en el color azul que los hace óptimos para el uso ambiental (plazas, parques, peatonales, etc.). También se encuentran disponibles LEDs con un espectro similar al vapor de sodio, con lo cual es posible que esta tecnología sustituya a todo lo anterior con el paso de los años.



## CONSIDERACIONES:

El resplandor luminoso es causado en las ciudades principalmente por la luz blanca. Por ello, es recomendable no utilizar este tipo de lámparas, además de recurrir a bajos paquetes de luz cuando sea posible. Adicionalmente, algunos tipos de lámparas consumen más energía que otras con el mismo flujo luminoso emitiendo en zonas del espectro no útiles para el ojo humano. Las mejores opciones son el uso de lámparas que se dispersen poco en la atmósfera, contaminen muy poco el espectro electromagnético, incluyendo el ultravioleta y el infrarrojo, o que al menos no inunden la zona del azul (inferior a 500nm). Por ello, las lámparas ideales, hoy en día, son las de vapor de sodio de baja presión (VSBP), alta presión (VSAP) o el LED cálido con baja emisión azul comentado anteriormente.

## CONCEPTOS BÁSICOS DE ILUMINACIÓN:

**Flujo luminoso (lúmenes):** Dimensión de potencia.

1 cd = 1 lumen /estereorradián.

**Luminancia o brillo (cd/m<sup>2</sup>):** La intensidad luminosa que emite un cuerpo en una dirección determinada por unidad de superficie.

**Illuminancia (lux):** Nos indica qué cantidad de luz llega a una superficie, no lo que realmente vemos que sería lo reflejado (brillo).

**Candela:** Intensidad luminosa en una dirección dada. (1cd=cuerpo que emite una radiación monocromática a 540x10<sup>12</sup> Hz. y tiene una intensidad de radiación en esa dirección de 1/683 w por estereorradián.)

Un mayor nivel puede ser más inseguro que un menor nivel con menos potencia pero mejores parámetros de calidad o uniformidad.

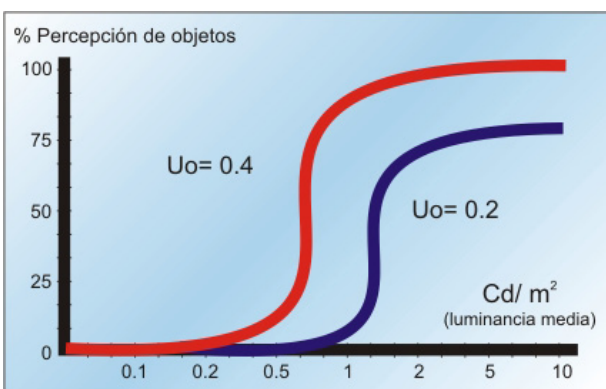
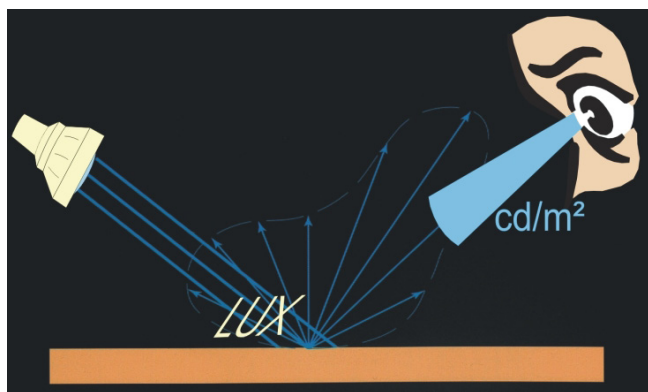
**Uniformidad media:**  $U_o = \text{luminancia mínima} / \text{luminancia media}$

$U_g = \text{iluminancia mínima} / \text{iluminancia media}$

**Uniformidad extrema:**  $U_e = \text{luminancia mínima} / \text{luminancia máxima}$

**Uniformidad longitudinal:**  $U_L = U_L \text{ mínima} / U_L \text{ media}$

En el ejemplo gráfico se observa la relación entre la percepción de los objetos, la Luminancia media y la Uniformidad. Nota: TI= 7%.





## CÓMO SE DISEÑA UN ALUMBRADO FUNCIONAL Y AMBIENTAL:

A la hora de realizar una instalación de alumbrado deben tenerse en cuenta principalmente estos factores:

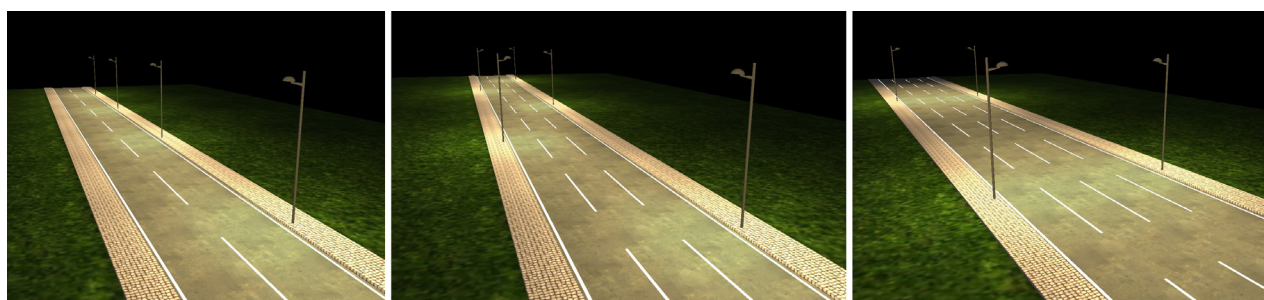
**1. Distribución de las luminarias:** Hay cuatro formas de disposición de luminarias que han sido reconocidas como aptas para las vías públicas con tráfico motorizado.

- Unilateral: Esta disposición, que consiste en la colocación de todas las luminarias a un mismo lado de la calzada, se utiliza solamente en el caso de que el ancho de la vía sea igual o inferior a la altura de montaje de las luminarias. La luminancia de la vía en el lado opuesto a la fila de luminarias será inevitablemente menor comparada con la del lado donde han sido colocadas aquellas.

- Tresbolillo: Esta disposición, consiste en la colocación de las luminarias en ambos lados de la vía al tresbolillo o en zigzag y se emplea principalmente si el ancho de la vía esta entre 1,0 y 1,5 veces la altura de montaje. Hay que prestar cuidadosa atención a la uniformidad de las luminancias en la vía, ya que alternadas manchas brillantes y oscuras pueden producir un efecto molesto de zigzag.

- En oposición (pareadas): Esta disposición, con luminarias colocadas una opuesta a la otra se utiliza ante todo cuando el ancho de la vía es mayor de 1,5 veces la altura de montaje.

Suspendidas en la mitad de la vía: Esta disposición, con las luminarias suspendidas o colocadas a lo largo del eje de la vía. Normalmente se utiliza para vías estrechas con edificios en ambos lados que permiten la suspensión de las luminarias en cables anclados en ellos.



Se emplean también combinaciones de estas cuatro disposiciones básicas. Existen también disposiciones especiales con luminarias montadas a baja altura con el fin de proveer orientación visual. En este caso la luminancia de la vía será muy baja debido a las sombras producidas por otros vehículos que pasan y a la degradación debida al polvo acumulado en las luminarias.

**2. Las dimensiones del área útil a iluminar:** Se dispone de una enorme variedad de luminarias y ópticas destinadas a iluminar áreas de diversas formas y tamaños por lo que se habrá de buscar aquella que mejor se adapte a nuestra área de trabajo, con lo cual optimizaremos el uso luz y no desperdiciaremos la energía fuera de áreas que no son nuestro objetivo de iluminación

**3. El uso, dependiendo de la tipología (autopista, carretera, etc.):** Cada uso posee requerimientos específicos en cuanto niveles de iluminancia y luminancia sin olvidarnos evidentemente de los parámetros de calidad (uniformidades) todo ello para brindar una iluminación de segura, eficiente y de calidad. Deben tenerse en cuenta las normas, recomendaciones y tipo de vías se aplicara unos criterios luminotécnicos concretos sin excedernos en aplicación de los mismos.

## CÓMO SE DISEÑA UN ALUMBRADO DEPORTIVO:

Entendemos por este tipo de alumbrado el destinado a aquellas áreas para el deporte u ocio iluminadas con proyectores situados puntualmente dentro de su perímetro a una altura proporcional a la dimensión del área que se ilumina.

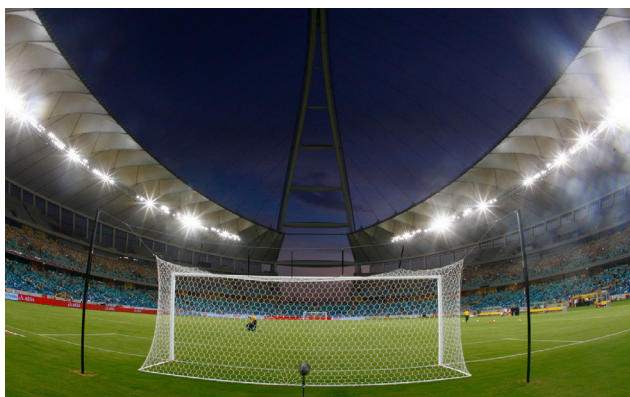
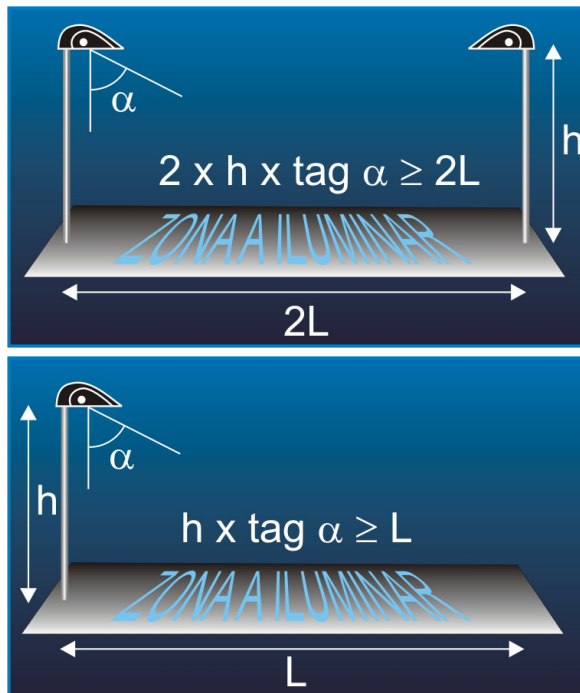
Generalmente se utilizarán proyectores cuyo haz principal vertical es asimétrico, es decir, la intensidad máxima de la luz es enviada hacia delante con un ángulo de asimetría  $\alpha$  estando el proyector sin inclinación (vidrio paralelo al suelo).

La asimetría y la altura (h) del proyector deberá estar acorde con la longitud (L) del área a iluminar frente a cada proyector de forma que  $h \times \tan \alpha \approx L$ . Así, si iluminamos un área con dos torres enfrentadas, éstas no deberán

separarse más de  $2L \leq 2 \times h \times \tan \alpha$ .

Existe un límite técnico y práctico para la  $\alpha$  que es de  $70^\circ$  y por encima de este valor es imposible controlar la luz sobre el horizonte y el efecto deslumbramiento a vecinos y usuarios de la instalación.

Para evitar excesos de iluminación en torres con más de un proyector deben utilizarse proyectores cuya intensidad



hacia la base de la torre sea menor que un tercio de la Intensidad máxima ( $I_{max}$ ). Los niveles luminotécnicos, potencias y tipo de lámparas se adaptarán a las normativas y recomendaciones existentes.

De forma general deberán tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Niveles de iluminación según deporte y categoría.
2. Iluminancia vertical y horizontal. Uniformidad.
3. Deslumbramiento a usuarios, público y vecinos.
4. Modelado y sombras de los usuarios.
5. Color y reproducción de color.
6. Orientación, ubicación y óptica de proyectores.
7. Ninguna emisión sobre el horizonte para reducir la contaminación lumínica
8. Eficiencia y ahorro energético y obtener el máximo coeficiente de utilización o utilancia.
9. Apagado antes de las 24:00 h.

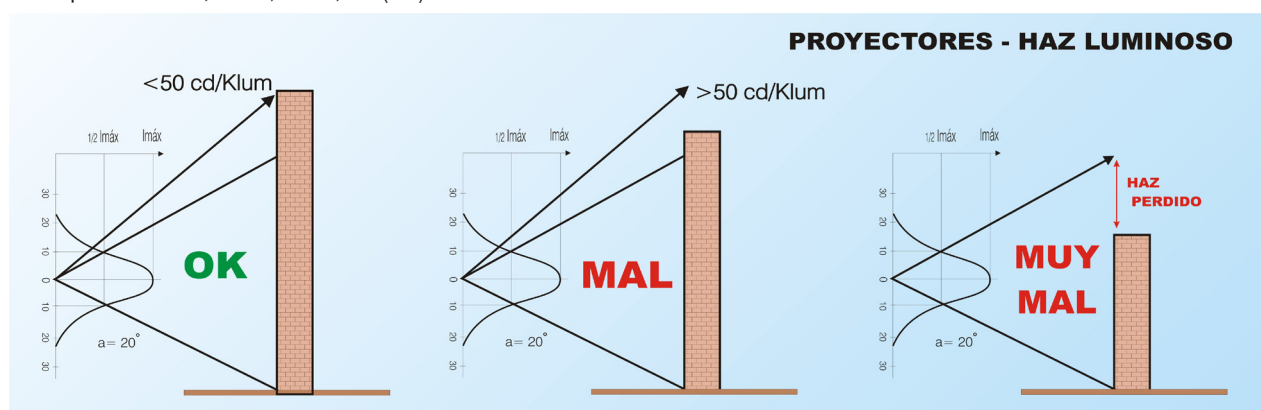
## CÓMO SE DISEÑA UN ALUMBRADO ORNAMENTAL Y DECORATIVO:

Se incluyen en estas instalaciones el alumbrado ornamental de edificios públicos, monumentos y jardines. Existe un amplio abanico de dispositivos a utilizar dependiendo de la ubicación y tamaño del objeto a iluminar, pero todos deben evitar el envío de luz fuera de la zona a iluminar.

Los proyectores se instalarán e iluminarán de arriba hacia abajo. Su óptica deberá adecuarse al tamaño del objeto a iluminar y situación de este respecto al objeto. Si fuera preciso se instalarán viseras, paralúmenes, deflectores o aletas externas que garanticen el control de luz fuera de la zona de actuación.

Se considera generalmente aceptable cuando más del 50% del flujo luminoso saliente del proyector incide en el objeto a iluminar, limitando en cualquier caso emisiones cercanas al horizonte. En cualquier caso, el haz principal del proyector deberá ser interceptado por el objeto a iluminar.

En cuanto a los niveles de iluminación, se seguirán las recomendaciones que existan al respecto en el ámbito nacional e internacional. A efectos de cálculos teóricos orientativos podrá obtenerse el nivel medio con la siguiente fórmula suponiendo los proyectores repartidos de forma uniforme:  $\text{Lúmenes totales instalados} / \text{en m}^2 \text{ de superficie} \times 0,8 \times 0,7 \times 0,7$  (lux)



De forma general deberán tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Distancia y dirección habitual de contemplación del objeto.
2. Fondo, alrededores, posibles obstáculos de apantallamiento.
3. Posibles molestias a otros usuarios del entorno (luz intrusa, deslumbramiento)
4. Posición, apuntamiento y óptica de los proyectores.
5. Niveles de iluminación según el color del objeto a iluminar y recomendaciones.
6. Ahorro energético y apagado de la instalación.
7. Reproducción cromática.
8. Garantías de apagado antes de las 24:00 h.

## CÓMO SE DISEÑA UN LETRERO LUMINOSO:

En el caso de los letreros tipo cajas de luz, los niveles luminotécnicos no superarán las recomendaciones del CIE zona E1 para Zona de Alta Sensibilidad ( $50 \text{ cd/m}^2$ ) y E2 para el resto ( $400 \text{ cd/m}^2$ ). Para los letreros y anuncios luminosos iluminados desde el exterior mediante proyectores, luminarias fluorescentes o LEDs puede seguir las recomendaciones para el alumbrado de fachadas.

En letreros iluminados con proyectores se iluminará de arriba hacia abajo evitando que el foco de luz proyecte la luz fuera del letrero y sobre el horizonte (este aspecto debe controlarse en su diseño también desde el lado opuesto a iluminar). A efectos de determinar, aproximadamente, los niveles medios de iluminación podrá optarse por sumar los lúmenes instalados y dividir por la superficie útil del letrero iluminada y multiplicar este valor por 0,4 siempre y cuando la iluminación sea uniforme ( $U_g > 40\%$ ).



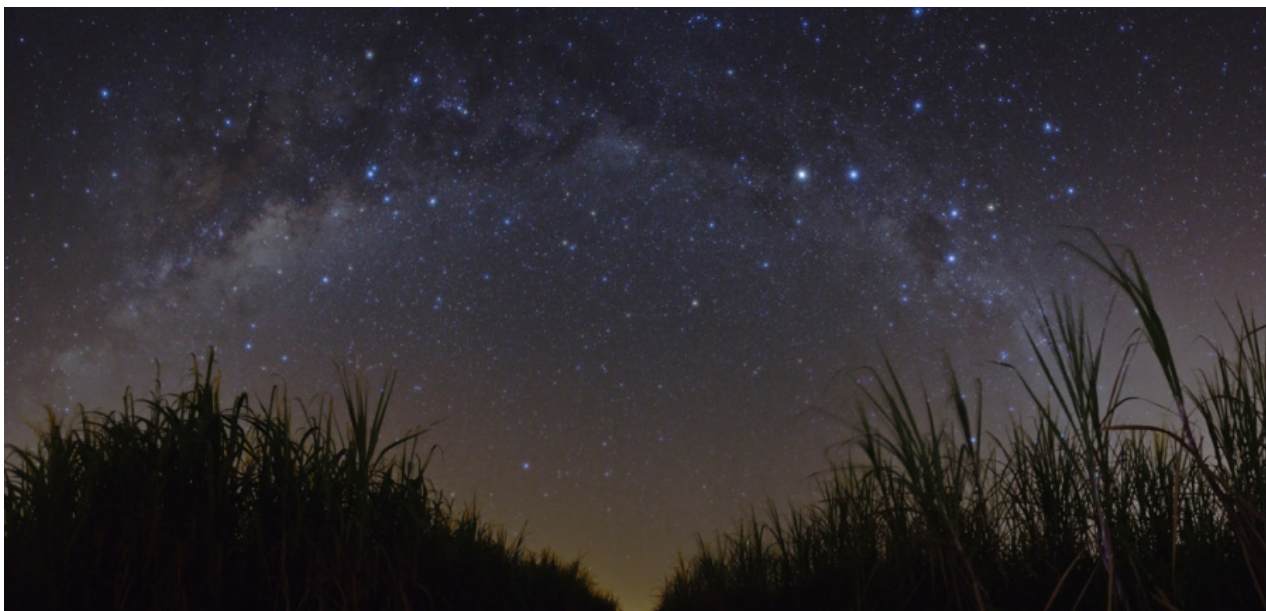
## 8. IMPACTO SOBRE EL MEDIO NATURAL

En las últimas décadas, el grado y la intensidad de la iluminación artificial de la noche se han incrementado de tal forma que hoy nadie puede negar sus efectos negativos sobre hábitats y especies. En relación a las áreas naturales y espacios protegidos han de distinguirse dos acepciones relativas a los efectos de la contaminación lumínica. Una es la “contaminación lumínica astronómica”, es decir, la que altera la vista del cielo nocturno considerado como paisaje, y la otra acepción, se corresponde con la “contaminación lumínica ecológica”, referida a la alteración de los regímenes de luminosidad naturales en los ecosistemas terrestres y acuáticos.

La progresiva ocupación del territorio provoca que los hábitats, ecosistemas y comunidades sensibles, se encuentren expuestos al impacto de la luz artificial en la noche, así como a los efectos directos de la contaminación atmosférica que reducen la calidad del cielo nocturno. Nuestro conocimiento actual de la gama completa de consecuencias ecológicas derivadas de la pérdida de calidad del cielo nocturno es todavía muy limitada. Se hace necesario tomar una mayor conciencia y responsabilidad de la necesidad de profundizar en la investigación y el desarrollo de metodología científica capaz de evaluar el alcance de estos fenómenos.

Actualmente se tiene abundante información sobre los efectos causados en determinadas especies migratorias que se guían por la luz de las estrellas, o sobre fenómenos tan evidentes como la muerte masiva por deshidratación de determinadas tortugas marinas desorientadas por las luces en sus playas natales. Pero la extensión de la noche artificial en el medio natural provoca otros impactos no tan conocidos o evidentes. Entre ellos destaca la alteración de los ciclos de ascenso y descenso del plancton marino, lo que afecta a la alimentación de las especies marinas, o las incidencias desfavorables sobre el equilibrio poblacional de muchas especies, resaltando ámbitos como la perturbación de la numerosísima fauna de insectos nocturnos y el equilibrio depredador-presa.

Preservar íntegramente la naturaleza implica conservar los “Paisajes de Luz Natural”, especialmente en la noche. Un “Paisaje de Luz Natural” es un entorno caracterizado por la influencia lumínica natural del sol y los ciclos lunares, por disponer de aire limpio, y de cielos oscuros no perturbados por la luz artificial. La inclusión de los cielos oscuros como dimensión en la protección de los paisajes de la noche, no representa solamente un recurso esencial en su mantenimiento o preservación, sino que también contribuye a enriquecer las múltiples experiencias de los visitantes y abrir nuevos escenarios para las ciencias naturales.





Los espacios naturales protegidos deben ser por propia definición ámbitos preferentes del desarrollo de iniciativas de protección de la luz natural de la noche. En particular se destaca el papel de laboratorios de la conservación de la noche que pueden jugar espacios emblemáticos como los incluidos en la Red Mundial de Reservas de Biosfera, los Parques Nacionales, los sitios Patrimonio de la Humanidad o los lugares incluidos en la lista de Ramsar, capaces de generar nuevos conocimientos científicos y sistemas de gestión avanzada sobre los factores relacionados con la luz que inciden en el periodo nocturno respecto a la conservación de la biodiversidad.

La calidad astronómica de un observatorio está principalmente definida por la transparencia de sus cielos y por el número de horas de observación útil al año. Esto está íntimamente relacionado con la climatología del lugar y de sus características geográficas, así como por la ausencia de factores adversos que dificulten la observación. Los requerimientos de calidad del cielo en la observación astronómica reducen sustancialmente los lugares en el planeta que pueden considerarse apropiados, por lo que inevitablemente tales ámbitos han de considerarse como un recurso escaso que es necesario preservar.

## 9. IMPACTO SOBRE LA SALUD → EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA SOBRE LA SALUD HUMANA

La utilización de las fuentes de luz artificial tras la puesta del sol ha permitido al hombre llevar a cabo tareas y gozar de diversas actividades durante mucho más tiempo. De hecho, la luz durante la noche se ha convertido en algo tan común que en muchos lugares del mundo la verdadera oscuridad está virtualmente desapareciendo. Los científicos biomédicos se han dado cuenta de que la exposición a la luz durante la noche también tiene consecuencias para la fisiología humana y animal. La luz nocturna, cuando es de suficiente intensidad y de la longitud de onda apropiada (azul), es convertida a una señal eléctrica que viaja al sistema nervioso central. Esta señal altera la función del reloj biológico y en última instancia, la producción de melatonina en la glándula pineal. La melatonina, que se segrega fundamentalmente de forma exclusiva durante la noche, presenta una serie de importantes funciones que se pierden en el momento en el que existe exposición nocturna a la luz. Algunas de estas acciones incluyen la modulación del ciclo sueño/vigilia, la regulación de los ritmos circadianos, la sincronización, etc.



Así, la reducción de la melatonina por luz durante la noche informa a muchos de nuestros órganos que es de día, cuando, de hecho, es de noche, por lo que reajustan su fisiología en concordancia. Esta información desvirtuada puede tener consecuencias más graves que simplemente una leve sensación de malestar. Los cambios fisiológicos ocasionados por la contaminación lumínica, pueden, a largo plazo, traducirse en procesos fisiopatológicos que contribuirían a la enfermedad. Así, por ejemplo, se ha detectado un aumento del riesgo de padecer cáncer en individuos expuestos de forma repetida y/o prolongada a luz excesiva, como ocurre en los empleos del turno de noche.



Aparte del riesgo de una mayor frecuencia de tumores, debido a las múltiples acciones de la melatonina como neutralizadora de radicales libres y antioxidante de amplio espectro, privar al cuerpo de esta importante sustancia puede contribuir a la iniciación, progresión o gravedad de toda una serie de enfermedades. Muchas enfermedades debilitantes, especialmente en ancianos, incluyen como parte de su proceso degenerativo la acumulación de daño oxidativo por

radicales libres. Debido a su eficacia para privar al cuerpo de la melatonina pineal, está claro que debemos evitar la exposición a la luz durante la noche siempre que sea posible.

Desafortunadamente, evitar la luz nocturna es poco factible en el mundo actual. Por lo tanto, algunas alternativas más prácticas serían el desarrollo de fuentes lumínicas que excluyan las longitudes de onda específicas que inhiben la síntesis de melatonina, la producción de gafas o lentes de contacto que filtren estas longitudes de onda y la fabricación de pantallas para lámparas que reduzcan la luz que las traspasa.

El mensaje fundamental es que cualquier factor que limite la producción circadiana endógena de melatonina, como por ejemplo la exposición nocturna a la luz, puede generar una miríada de consecuencias, en cuanto a enfermedades y al proceso del envejecimiento. El abuso de la luz no debe pasarse por alto puesto que potencialmente contribuiría a la enfermedad en individuos jóvenes y aumentaría la debilidad y la enfermedad en los ancianos.

Fuente: *Juan Antonio Madrid Pérez,  
M.<sup>a</sup> Ángeles Rol de Lama  
Laboratorio de Cronobiología  
Universidad de Murcia*



Más allá del indudable valor científico, educativo y cultural que representa la astronomía y la capacidad de acceder a la luz de las estrellas, hemos de reconocer que su incidencia y los beneficios que reportan en la actualidad no son, por lo general, suficientemente conocidos o valorados. Muchos de los grandes avances en el desarrollo de las comunicaciones, de los sistemas de navegación e, incluso, en las tecnologías médicas avanzadas de proyección de imágenes, han de ser atribuidos al desarrollo de la moderna astronomía.

Desde hace unos años hemos comenzado a percibir que la nitidez del cielo tiene también una influencia decisiva en la conservación de la biodiversidad y en los ecosistemas naturales. Solemos olvidarnos de que más de la mitad de los seres vivos son nocturnos, por lo que la pérdida de la calidad del cielo nocturno repercutirá progresivamente y de forma impredecible en el equilibrio de la biosfera.

El derecho a la observación de las estrellas y a un cielo limpio representa algo que va más allá del hecho de garantizar el desarrollo de la ciencia o el disfrute de las personas, ya que implica también un compromiso con la conservación del medio ambiente y la posibilidad de disponer de los beneficios tecnológicos, económicos y culturales que proporciona de forma continua. Es también, al fin y al cabo, un compromiso con las generaciones futuras.

