

## ¿QUIÉN NOS HA ROBADO LA VÍA LÁCTEA? EL PROBLEMA DE LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA *Who still us Milky Way Galaxy? Light pollution problem*

*Pere Horts (\*)*

### **RESUMEN:**

*La contaminación lumínica es una de las últimas consecuencias de nuestra actual forma de vida en las sociedades modernas. Consiste en la emisión de luz artificial hacia el cielo nocturno desde luminarias mal apantalladas. La consecuencia es que el cielo pierde su natural oscuridad. Las estrellas y otros objetos astronómicos desaparecen, haciéndose imposible su estudio o su simple observación. Aparte de ello, la proyección de luz artificial en el entorno nocturno es causa de una severa distorsión en la conducta y los ciclos naturales de los animales y plantas. La producción de esta luz desperdiciada también genera gases que incrementan el calentamiento global de la Tierra y otros efectos medioambientales indeseados. Evitar la contaminación lumínica es un beneficio general para la Humanidad.*

### **ABSTRACT:**

*Light pollution is one of the latest consequences of our present way of living in modern societies. It consists in emitting artificial light to the night sky from unshielded fixtures. The consequence is that the sky loses its natural darkness. The stars and other astronomical objects vanish, making impossible its scientific study or its simply naked eye observation. Apart from that, the projection of artificial light in the night environment causes a severe distorsion in the behaviour and natural cycles of animals and plants. The production of this wasted light also generates gases which increase the global warmth of the Earth and other undesirable environmental effects. Avoiding light pollution is a general benefit for mankind.*

**Palabras clave:** contaminación lumínica, luz artificial, emisión de gases, calentamiento.

**Keywords:** light pollution, artificial light, gases emission, warmth.

### **INTRODUCCIÓN: EL CONSUMO ENERGÉTICO Y LOS PROBLEMAS AMBIENTALES**

Durante millones de años, los seres vivientes de la Tierra han ido adaptando sus procesos biológicos de acuerdo con dos ciclos astronómicos fundamentales: la sucesión de las estaciones y la alternancia día-noche. Dado que la percepción de ambos fenómenos es desigual según la latitud, las distintas especies se han acomodado a la singularidad de ambos ciclos en su hábitat. Cualquier perturbación en alguno de ellos originaría distorsiones cuyo alcance desconocemos, pero que, con toda seguridad, ocasionarían la extinción de algunas especies y la aparición de nuevas exigencias adaptativas para las demás.

La acción del hombre y su cultura sobre el medio ambiente está, en la actualidad, generando una seria alteración en ambos ciclos cósmicos. La actividad industrial y las formas de vida propias de las sociedades consumistas no se pueden sostener, de mantenerse el actual modelo de economía capitalista, sino es mediante un creciente consumo energético. Niveles más elevados de "bienestar" exigen consumir cada vez más energía, proceso que amenaza con conducir a situaciones aberrantes como,

por ejemplo, la de que, actualmente, gaste 100 veces más energía un ciudadano de un país industrializado que un habitante del tercer mundo. El consumo responsable de energía debería ser algo consubstancial a la educación cívica de la población por dos motivos. El primero de ellos: porque el actual modelo de consumo energético se basa en la conversión en energía de recursos naturales no renovables (carbón, petróleo o uranio), con lo cual su despilfarro acorta el tiempo de uso y priva de su disfrute a los habitantes de países no desarrollados. El segundo: porque en los procesos de conversión en energía, transporte y su posterior consumo, se generan residuos que contaminan gravemente el medio ambiente (radioactividad, lluvia ácida, contaminación de los mares, contaminación atmosférica por humos tóxicos) y amenazan con alterar el equilibrio climático (efecto invernadero por emisión de CO<sub>2</sub>). En la actualidad, el calentamiento global del planeta debido a este efecto es ya una evidencia científica y sus efectos devastadores sobre el clima son crecientes: lluvias torrenciales, huracanes catastróficos, inundaciones, sequías prolongadas, deshielo de los casquetes polares y un lamentable y futuro largo etcétera.

(\*) Astrónomo, miembro del GEA y Profesor de Filosofía en el IES Ramon Muntaner de Figueres (Girona).

E-mail: phorts@ctv.es. <http://www.gea.cesca.es/celfosc>

Si bien la contaminación atmosférica por el CO<sub>2</sub> emitido por las centrales térmicas de producción de electricidad, las industrias y los automóviles, es la principal responsable del efecto invernadero que amenaza el equilibrio climático de la Tierra, el uso excesivo e irresponsable de la energía eléctrica en el alumbrado de exteriores es la causa de una nueva agresión medioambiental que amenaza ni más ni menos que con eliminar la noche, alterando así el segundo ciclo cósmico fundamental. El fenómeno ya tiene un nombre: **contaminación lumínica**.

#### LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA. FORMAS.

Con este nombre se designa la emisión directa o indirecta hacia la atmósfera de luz procedente de fuentes artificiales, en distintos rangos espectrales. Sus efectos manifiestos son: **la dispersión hacia el cielo (skyglow), la intrusión lumínica, el deslumbramiento y el sobreconsumo** de electricidad.

**La dispersión hacia el cielo** se origina por el hecho de que la luz interactúa con las partículas del aire, desviándose en todas direcciones. El proceso se hace más intenso si existen partículas contaminantes en la atmósfera (humos, partículas sólidas) o, simplemente, humedad ambiental. La expresión más evidente de esto es el característico halo luminoso que recubre las ciudades, visible a centenares de kilómetros según los casos, y las nubes refulgentes como fluorescentes. Como detalle anecdótico e ilustrativo se puede mencionar el hecho de que el halo de Madrid se eleva 20 Km. por encima de la ciudad y el de Barcelona es perceptible a 300 Km

de distancia, desde el Pic du Midi y las sierras de Mallorca. En condiciones normales, los navegantes podrían ir de Mallorca a Barcelona de noche, simplemente guiándose por el resplandor del halo.

**La intrusión lumínica** se produce cuando la luz artificial procedente de la calle entra por las ventanas invadiendo el interior de las viviendas. Su eliminación total es imposible porque siempre entrará un cierto porcentaje de luz reflejada en el suelo o en las paredes, pero de aceptar esto a tener que tolerar como inevitables ciertos casos aberrantes de descontrol luminotécnico, como poner globos sin apantallar frente a las ventanas, o iluminar fachadas con potentes focos, hay un abismo. Al no existir conciencia ciudadana de que esto es una nada sutil forma de agresión medioambiental, nadie piensa en denunciarlo, excepto en casos contados de protestas multitudinarias de vecinos. No existen, que yo sepa, estudios rigurosos acerca del grado de afectación de la luz artificial sobre el hombre, aunque ciertos casos curiosos parecen apuntar hacia una conexión entre el uso de bombillas de Vapor de Mercurio (luz blanca) y la exteriorización de mayores índices de agresividad.

De todos modos, hay un punto que resulta evidente: si, como parece, los ciclos corporales están en sintonía con los ciclos naturales de la luz, la presencia de ésta en el ambiente durante el sueño puede ser causa de alteraciones todavía no completamente identificadas. Recientemente, se ha descubierto que el uso de luces tipo "led" en habitaciones de niños pequeños es desaconsejable porque produce alteraciones en el sueño. Ahora bien. Hay un caso de trastorno evidente: el de aquellas perso-

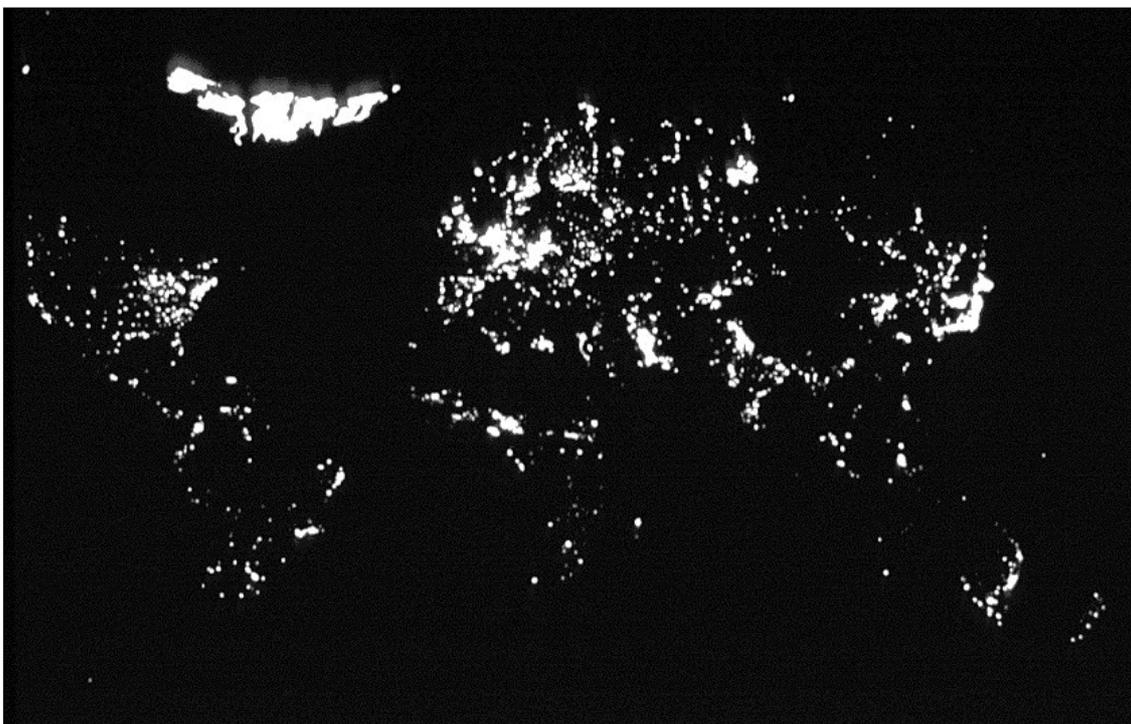


Figura 1. La Tierra de noche, vista desde el satélite. No es sólo un mapa de las zonas habitadas, sino también de la riqueza. El brillo de la zona superior es una aurora boreal. Cortesía IDA.

nas que en verano necesitan imperiosamente abrir la ventana para dormir y no pueden hacerlo si tienen la desventura de tener un foco luminoso frente a ella: sueño inquieto, ausencia de reposo, insomnio, cansancio y nerviosismo son las consecuencias más usuales.

**El deslumbramiento** se origina cuando la luz de una fuente artificial incide directamente sobre el ojo, y es tanto más intenso cuanto más adaptada a la oscuridad esté la visión. Al ser éste un efecto indeseado, toda la luz que lo origina no se aprovecha, cosa que no sólo es un despilfarro, sino que constituye un elemento evidente de inseguridad vial y personal. El modelo luminotécnico vigente prima el deslumbramiento porque se basa en la falsa concepción de que el exceso de luz incrementa la visibilidad y los ciudadanos, inconscientes de ello, demandan más luz a los responsables públicos, en la creencia de que su seguridad personal aumenta con el exceso. Al final resulta todo lo contrario: una persona deslumbrada carece de seguridad, se mire por donde se mire: es vulnerable a las agresiones físicas y también ve mermada su capacidad de respuesta en la carretera al no poder su ojo percibir los detalles inmediatos. Exceso de luz mal dirigida y buena visibilidad son términos opuestos.

El alumbrado de carreteras representa un punto crítico en esta cuestión. Se tiende a iluminar con exceso de potencia el mayor número posible de tramos de carretera, en la creencia de que ello supone un aumento de la seguridad vial. Habría que ver los estudios estadísticos sobre siniestralidad nocturna en carreteras iluminadas y no iluminadas para poder evaluar con equidad la conveniencia de hacerlo o no. Porque hay algo que sí es evidente: los conductores corren más en los tramos iluminados y esto supone un incremento del factor de riesgo velocidad. Por otra parte, a veces se instalan en carreteras de circulación densa y autopistas puntos de luz con luminarias incorrectamente apantalladas que deslumbran y, sorprendentemente, se ve en ello un factor de inseguridad. Finalmente, tampoco nadie se preocupa del enorme deslumbramiento que suponen las instalaciones privadas o públicas situadas en las inmediaciones de la carretera: campos de deportes con proyectores apuntando directamente a ella y focos exteriores de industrias o de particulares con la misma orientación inadecuada, son un espectáculo

común en nuestras vías de circulación. El cúmulo de despropósitos de este es innumerable y uno nunca termina de sorprenderse al ver un nuevo despropósito de este estilo. Parece mentira que nadie se haya preocupado de informar a los instaladores de la necesidad de orientar correctamente estas luminarias.

Al final, lo más incongruente: nadie parece pensar en el hecho elemental de que el alumbrado de carreteras debería diseñarse de acuerdo con las peculiaridades de la visión nocturna, en vez de empeñarse en convertir la noche en día. Nuestro ojo ha evolucionado de tal forma que en su parte posterior, llamada *retina*, posee dos tipos de células especializadas en la captación de luz: unas, los *conos*, concentrados en la *fovea*, el centro de la visión, son especialmente sensibles a las longitudes de onda de la intensa luz diurna y son las responsables de la captación de los colores y de la visión directa de los objetos. Otras, denominadas *bastones*, actúan preferentemente en la visión nocturna y se sitúan alrededor de la fovea. Aunque ligeramente más sensibles que los conos a las longitudes de onda del color azul, son ciegas a los demás colores, pero capaces de percibir detalles trabajando a niveles de luminosidad muy bajos, en los que los conos dejan de operar. Su sensibilidad a la luz depende de una sustancia llamada *rodopsina*, que las va llenando progresivamente conforme avanza el proceso de adaptación a la oscuridad, muy conocido entre los astrónomos aficionados. Al cabo de una media hora en general, el ojo ha adquirido el límite de su capacidad de adaptación y puede ejercer sus funciones de visión nocturna a pleno rendimiento.

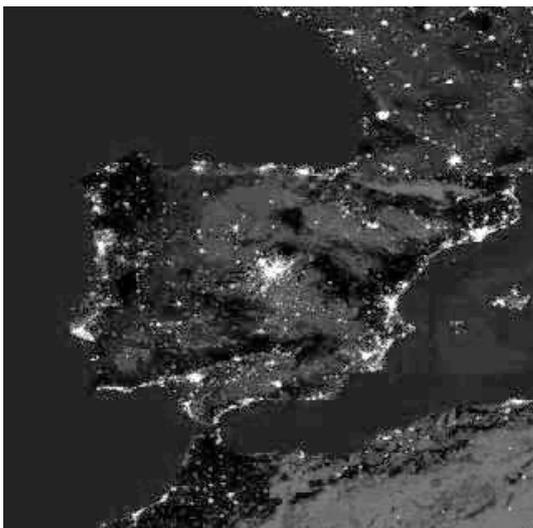
Todo el mundo ha experimentado lo que sucede cuando pasamos de un ámbito muy iluminado a otro totalmente oscuro: necesitamos tiempo para adaptarnos a la oscuridad y pasamos de no ver nada en absoluto a percibir, primero, formas inconcretas; después formas más específicas y, finalmente, detalles menores y distintos niveles de brillo en ellos. Al estar situados los bastones en los alrededores de la retina, su máximo rendimiento se obtiene cuando observamos indirectamente los objetos, lo que se denomina *visión lateral*. Algo parecido sucede cuando pasamos repentinamente de la oscuridad a la luz muy intensa: quedamos deslumbrados y durante un cierto tiempo no tenemos la agudeza visual



Figura 2. Panorama general de Barcelona. La difusión de la luz en el cielo destruye su oscuridad natural. Cortesía Cel Fosco.

necesaria para percibir los objetos con nitidez, con lo que nuestra capacidad de respuesta frente a los obstáculos se ve muy mermada hasta que no nos adaptamos a la luz. Ambas situaciones se producen cuando salimos de un entorno urbano muy iluminado a una carretera oscura o cuando, procedentes de ella, llegamos al entorno urbano. A nadie se le ha ocurrido aplicar la idea de progresividad en el alumbrado de estas zonas. Un alumbrado ideal sería aquél que disminuiría paulatinamente el nivel de luz en dirección saliente, dando al ojo un mínimo tiempo para empezar a adaptarse a la oscuridad. En sentido contrario, el sistema sería igualmente adecuado.

**El sobreconsumo**, finalmente, es la consecuencia indeseada e inevitable de los factores anteriormente descritos. Si éstos se evitaran, ahorraríamos porcentajes mínimos de un 25% en la factura de la luz, pudiéndose alcanzar porcentajes mayores del 40% en ciertos casos, si existiera la voluntad de utilizar lámparas de sodio de baja presión y se hiciera una fuerte apuesta por rebajar potencias en las luminarias. Porque lo cierto es que hasta el presente ha existido una especie de contubernio entre las compañías eléctricas y los fabricantes de luminarias y de bombillas, por el cual unos y otros han hecho del exceso de consumo su principal negocio. Las eléctricas porque mayor consumo equivalía hasta ahora a tener un mayor beneficio y los fabricantes de bombillas y de luminarias porque cuanto mayor sea la potencia que se instale, tanto más se encarece el producto, reduciéndose, además, su vida útil. Por razones coyunturales, ahora el negocio parece desplazarse hacia la política de ahorro en el consumo, por lo cual, en principio, no existe aparente oposición por su parte a reducir la contaminación lumínica. Por otro lado, la exigencia de ofrecer al mercado nuevas luminarias no contaminantes y lámparas más eficientes, puede suponer, incluso un revulsivo para la competitividad del sector.



*Figura 3. La península Ibérica de noche. Son fácilmente distinguibles las principales ciudades.*

## EFFECTOS EN LA BIODIVERSIDAD.

Aunque resulte un tanto extraño decirlo, hay que considerar a esta novedosa forma de contaminación, cuyos efectos son todavía muy poco estudiados, como perfectamente equiparable a la emisión de humos hacia la atmósfera o al vertido de contaminantes en los ríos, porque, en el fondo, consiste en la emisión de energía producida artificialmente hacia un medio naturalmente oscuro. Tiene efectos comprobados sobre la biodiversidad de la flora y la fauna nocturna que, dicho sea de paso, es mucho más numerosa que la diurna y precisa de la oscuridad para sobrevivir y mantenerse en equilibrio. La proyección de luz en el medio natural origina fenómenos de deslumbramiento y desorientación en las aves, y una alteración de los ciclos de ascenso y descenso del plancton marino, lo que afecta a la alimentación de especies marinas que habitan en las cercanías de la costa. También incide sobre los ciclos reproductivos de los insectos, algunos de los cuales han de atravesar notables distancias para encontrarse y no pueden pasar por las “barreras del luz” que forman los núcleos urbanos iluminados. Se rompe, además, el equilibrio poblacional de las especies, porque algunas son ciegas a ciertas longitudes de onda de luz y otras no, con lo cual las depredadoras pueden prosperar, mientras se extinguen las depredadas. Finalmente, la flora se ve afectada al disminuir los insectos que realizan la polinización de ciertas plantas. Aunque es algo no estudiado todavía, resulta palpable que esto podría afectar a la productividad de determinados cultivos.

## EFFECTOS CULTURALES Y ASTRONÓMICOS

En otro orden de cosas, la emisión indiscriminada de luz hacia el cielo y su dispersión en la atmósfera constituyen un evidente atentado contra el paisaje nocturno, al ocasionar la desaparición progresiva de los astros. Algunos de ellos no tienen un brillo puntual como las estrellas, sino que son extensos y difusos (las nebulosas y las galaxias) y, por esta razón, son los primeros en resultar afectados. Su visión depende del contraste existente entre su tenue luminosidad y la oscuridad del fondo del cielo. Al dispersarse la luz, éste se torna gris y estos objetos desaparecen. El ejemplo más notable de esta especie de “asesinato celeste” lo constituye la desaparición total de la visión del plano de la Vía Láctea, nuestra galaxia, desde los entornos urbanos. Hay que alejarse mucho de los núcleos habitados para encontrar cielos lo suficientemente oscuros como para poder observarla en toda su magnificencia y, en la práctica, no creo que haya más de uno o dos lugares en Catalunya que sean todavía casi vírgenes. En mi propia experiencia he de constatar que, en mi niñez, el espectáculo de la galaxia era algo habitual desde mi casa (por aquel entonces ubicada en el extrarradio de mi ciudad). Ahora, desde el mismo sitio, es solamente una presencia que intuyo en raras noches de gran oscuridad y transparencia.

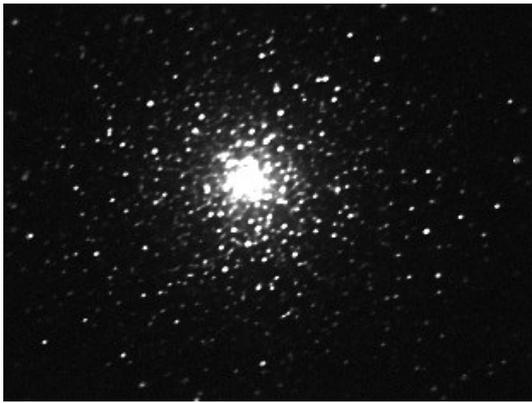


Figura 4. M15, cúmulo globular en Pegasus, situado a 34.000 años-luz. Por tratarse de un objeto difuso, se ve rápidamente afectado por la contaminación lumínica. Foto Pere Horts.

Al incrementarse más y más el brillo del cielo, acaban por desaparecer también, de forma progresiva, las estrellas, con lo que, al final, solamente las más brillantes, algunos planetas y la Luna resultan visibles en medio de un cielo urbano que es como una neblina gris-anaranjada. Si consideramos que en condiciones óptimas, nuestro ojo alcanza a distinguir estrellas hasta la sexta magnitud, lo cual supone poder alcanzar a ver unas 3.000 en verano, podremos juzgar con equidad la magnitud de lo que nos perdemos.

La destrucción del paisaje celeste comporta, a mi entender, profundas consecuencias culturales y humanas. Si el desplazamiento masivo de la población desde áreas rurales a las urbanas ya implica de

por sí una pérdida inevitable de las formas de vida tradicionales y de los elementos culturales en que éstas se basan, la imposibilidad de contemplar el cielo desde las ciudades priva además al individuo de un contacto directo con el universo, lo que origina un inevitable empobrecimiento cultural y personal. En las sociedades industriales, donde el volumen de información acerca del cosmos que está a disposición de cualquiera es enorme, se da la circunstancia paradójica de que los individuos sufren un desconocimiento mayor de las cosas del universo, si comparamos esta situación con la que se encuentran, en general, los habitantes de zonas rurales, menos evolucionadas, que pueden saber menos sobre los astros, pero que los sienten como algo infinitamente más cercano.

En las sociedades rurales, en épocas anteriores, la presencia del firmamento y sus fenómenos era algo con lo que, tradicionalmente, se convivía. Los ciclos cósmicos y su vinculación con la agricultura y la tradición han generado a lo largo de los tiempos un patrimonio cultural y folclórico (en el mejor sentido del término) que está desapareciendo a pasos agigantados: el conocimiento de las constelaciones, con todas las historias vinculadas a ellas; su posición en el cielo en relación con la época del año; su relación con las tareas agrícolas; la nomenclatura popular con la que se designaba a las estrellas y otros astros; expresiones del lenguaje ordinario que incluían referencias astronómicas; la posibilidad de observar fenómenos celestes como lluvias de estrellas, cometas y todo un tesoro de leyendas construido alrededor de la contemplación del firmamento constituyen hoy una relación de cuestiones para el recuerdo.



Figura 5. Parte del halo de luz de Barcelona, visto desde Collserola. Obsérvese la progresiva degradación del fondo del cielo. Cortesía Cel Fosc.



Figura 6. Complejo de observatorios astronómicos en Mauna Kea (Hawái). Cortesía Universidad de Hawái.

Pero hay algo más: el desarraigo que afecta al hombre en la gran urbe no es sólo consecuencia de su falta de contacto con la naturaleza, que acaba por devenir un artículo de consumo más para los domingos, sino también de la pérdida inevitable del sentido de su existencia en relación con el cosmos. Para las generaciones de jóvenes actuales, el universo es ya tan sólo algo con lo que únicamente entran en contacto a través del cine y de lo que están y se sienten desvinculados. Además, el tipo de educación que se ofrece en escuelas y centros de enseñanza media no incluye, por lo general, nociones de Astronomía más que en casos muy raros y siempre vinculados al voluntarismo de algún profesor que tenga horas libres para poder ofrecer dichos conocimientos en una materia optativa. Como resultado, se da la paradoja de que, mientras la sociedad, debido a la evolución de la economía y a la revolución tecnológica, se va acercando cada vez más al establecimiento de una civilización planetaria, los individuos parecen estar alejándose cada vez más de ella, regresando incluso a posiciones de un nuevo tribalismo, porque la educación que reciben les escamotea el conocimiento del universo y no les ofrece la posibilidad de orientar su propia humanidad en relación a él, algo indispensable para la formación de una conciencia que esté al nivel de esta pretensión.

A todo lo dicho hay que añadir que la contaminación lumínica, juntamente con la contaminación radioeléctrica y la del espacio, representa la más seria amenaza para el progreso de la astrofísica. La dispersión de la luz en la atmósfera convierte el fenómeno en algo capaz de alterar la calidad del cielo a grandes distancias, afectando así las zonas en las que se ubican los observatorios profesionales. Por

esta razón, los primeros signos de denuncia del peligro que suponía la contaminación lumínica para la ciencia astronómica procedieron de los sectores astrofísicos y se canalizaron a través de la Unión Astronómica Internacional (IUA), cristalizando en una serie de convenios de protección de los observatorios, establecidos con la UNESCO, y en la redacción de recomendaciones de carácter luminotécnico para los distintos estados de la Tierra. Pero estas últimas no se han tenido en cuenta, en la práctica, con lo cual hoy día la situación es realmente angustiada y algunos observatorios, o bien han cerrado, o bien se mantienen realizando tareas de observación menores en comparación con las observaciones que se podrían realizar si el cielo nocturno no se hubiera deteriorado.

### PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

Qué duda cabe de que el uso de la electricidad para generar luz ha constituido un innegable factor de progreso, pero no es menos cierto que su mal uso se ha convertido, lamentablemente, en una expresión característica más de nuestro irracional estilo de vida consumista. Otras formas de uso de la luz, distintas de lo puramente doméstico e industrial-ornamental, comercial, propagandístico y lúdico-, han ido apareciendo con el tiempo y, poco a poco, han ido invadiendo el entorno, hasta convertirse en un elemento “natural” de nuestro hábitat ciudadano. En ausencia de normativas reguladoras, el crecimiento desordenado de las ciudades y de los espacios dedicados a las actividades industriales, así como de los centros nocturnos de diversión ha ido llenando el cielo nocturno de luz y nadie ha adverti-

do que, poco a poco, íbamos apagando las estrellas y la noche agonizaba.

Se podría pensar que el fenómeno es inevitable y que no queda otro remedio que elegir entre frenar el progreso o extender el certificado de defunción del cielo nocturno, pero esto no es así. A veces, cuando planteamos el problema a personas desinformadas, nos suelen salir con el tópico de que queremos “dejarlo todo a oscuras”, cuando lo que pretendemos no es otra cosa que utilizar menos luz para iluminar mejor. De modo que existe solución, aunque la contaminación lumínica no se puede erradicar nunca del todo, porque siempre existirá un porcentaje de luz que el suelo reflejará hacia la atmósfera. Se trata también, entre otras cosas, de que este porcentaje de luz sea el mínimo posible.

### ¿Qué hay que hacer?

#### Recomendaciones prácticas.

*Hay que evitar la emisión directa de luz hacia el cielo, cosa que se consigue usando luminarias orientadas en paralelo al horizonte, con bombillas bien apantalladas y eficientes, de la potencia necesaria para alumbrar el suelo de acuerdo con los criterios de seguridad, pero no más. Es, también, aconsejable emplear con preferencia las luminarias que tengan el vidrio refractor de cerramiento plano y transparente.*

A ello hay que añadir *el apagado de alumbrados ornamentales y de grandes espacios exteriores* que resultan injustificables a partir de cierta hora. Dichos espacios suelen alumbrarse con potentes proyectores orientados incorrectamente que dispersan mucha luz hacia el cielo y también en direcciones laterales. Si esto se hace, se aprovecha al máximo la energía y se reduce considerablemente el consumo. También hay que remodelar este tipo de alumbrado, cambiando bombillas, variando su inclinación y utilizando dispositivos que eviten la dispersión de la luz fuera del área a iluminar.

Existen, además, otros factores de ahorro, como *el contratar la tarifa más ventajosa con la compañía eléctrica, tener un buen plan de mantenimiento de las instalaciones, o reducir la potencia instalada*, respetando los límites de seguridad, con lo que se alarga la vida de las instalaciones. En el capítulo del ahorro a largo plazo, los beneficios son incalculables, en términos de disminución del efecto invernadero, de la lluvia ácida y la producción de residuos radioactivos. Si pensamos en las catástrofes futuras que se derivan del calentamiento global del planeta y lo que puede significar ahorrárselas, la elección es clara. Existe, además, una poderosa razón que aconseja emprender dichos cambios: *la inversión económica necesaria para realizarlos se amortiza en menos de dos años con el descenso del consumo*. Sorprendentemente, *se trata del único problema medioambiental cuya solución no implica inversiones a fondo perdido, sino que genera beneficios*.

#### Iniciativas jurídicas.

El problema de la contaminación lumínica no se puede solucionar si no se establecen medidas jurídicas que lo regulen. Dichas medidas pueden adoptar, bien la forma de una ley, bien de una ordenanza municipal. Una tercera posibilidad la constituye el establecimiento de medidas correctoras impulsadas a partir de un proyecto general de ahorro energético de aplicación municipal y coordinado desde un gobierno central o autonómico. De estas tres posibilidades, las más efectivas, creo yo, son las dos primeras, especialmente por el carácter definitivo que pueden imprimir a las transformaciones propugnadas, mientras que un plan siempre adolece de un carácter transitorio y está subordinado al voluntarismo y eficiencia de quienes han de ponerlo en práctica.

Afortunadamente, las iniciativas jurídicas existen y están ya consolidadas, con resultados francamente positivos. Las primeras surgieron en los EEUU, a resultas de la fundación de la International Dark-Sky Association, primera organización dedicada a la defensa del cielo nocturno y a combatir la contaminación lumínica, fundada por David Crawford, astrofísico norteamericano que, tras su jubilación, asumió el reto de combatir el fenómeno. De la mano de la IDA, distintas ciudades y estados de los EEUU, especialmente en Arizona, aprobaron leyes u ordenanzas reguladoras. El germen sembrado por Crawford germinó y así aparecieron entidades similares a la IDA en otros países, especialmente los europeos. Inglaterra, Francia, Suiza, Alemania, Grecia e Italia son algunos de ellos. Destaca, en especial, Italia, como el país donde más ordenanzas y leyes regionales han sido aprobadas. Recientemente (marzo de 2000), la región de la Lombardía ha aprobado la suya. En América Latina, Chile, en razón de albergar el complejo de observatorios astronómicos del ESO (European Southern Observatory), acaba de aprobar también una ley de prevención del fenómeno

Hasta hace relativamente poco, España estaba al margen de este proceso. Existía el precedente de la Ley del Cielo (1988), de Canarias, requisito imprescindible para el establecimiento de los observatorios astronómicos en las islas, pero no surgió ninguna otra iniciativa hasta el año 1995, cuando, a instancias de la Societat Astronòmica de Figueres (Girona), con el apoyo de los Institutos de Astrofísica de Canarias y de Andalucía, Greenpeace y distintos grupos de aficionados, se gestó la primera campaña de denuncia del problema ante distintas instancias oficiales. Catalunya fue la primera comunidad autónoma en la que se aprobaron las dos primeras medidas parlamentarias (bastante tímidas, por cierto) que supusieron ya un primer reconocimiento. El punto de inflexión lo determinó la realización de un plan de ahorro energético contra la contaminación lumínica impulsado por el Ayuntamiento de Figueres (Catalunya) que venía a ser la confirmación definitiva de las tesis que defendíamos los impulsores de la campaña. Ante la evidencia de los hechos, el asunto empezó a cobrar resonancia y así, en 1997, fundamos Cel Fosc (“Cielo Oscuro”), un grupo de

activistas que, con sus páginas Web (<http://www.astrogea.org/celfosc>) y una lista de correo electrónico, se planteó impulsar una nueva fase de la campaña con la finalidad de conseguir medidas jurídicas efectivas. Un proyecto de elaboración del mapa de la Contaminación Lumínica en Catalunya por parte de escolares tuvo tanto eco periodístico que los responsables políticos no tuvieron más remedio que asumir la realidad del problema e instar desde el Parlament al gobierno catalán a legislar para corregirlo. Después de un período de trabajos, una Comisión técnica elaboró un Anteproyecto de Ley que, en el momento de escribir este artículo, está próximo a llegar al Parlamento. Entretanto, distintos ayuntamientos catalanes han empezado a hacerse cargo del problema, destacando la iniciativa del de Tárrega (Lleida, Catalunya) que aprobó en 1998 la primera Ordenanza Municipal de protección del Cielo Nocturno de todo el estado español.

Distintos movimientos de denuncia han ido surgiendo en otros puntos del Estado. El más importante está constituido por el grupo Cielo Oscuro, de la Agrupación Astronómica de Madrid, que ha realizado una campaña mucho más directa y agresiva, pero que está alcanzando también resultados importantes: una moción del Parlamento de la Comunidad de Madrid y otra del Parlamento Español, amén de distintos planes de remodelación de alumbrado por parte de distintos ayuntamientos de la comunidad de Madrid, son sus logros más notables. Indudablemente, las iniciativas de Cel Fosc y Cielo Oscuro están siendo un revulsivo prometedor para la futura limitación de la contaminación lumínica en España.

## **CONTAMINACIÓN LUMÍNICA Y PEDAGOGÍA. EL PAPEL DE LOS DOCENTES.**

Es bien sabido que ciertas cosas resultan tanto más contraproducentes cuanto mayor es la ignorancia respecto de ellas. En nuestro caso, esto es una realidad incuestionable. Por lo tanto, resulta obvio que la solución del problema pasa no solamente por la consecución de medidas jurídicas para regularlo, sino también por una tarea de divulgación que debe utilizar todos los instrumentos de comunicación social disponibles (prensa, radio, televisión e Internet) para hacer llegar información sobre el fenómeno al mayor número de ciudadanos. Los colectivos ecologistas, así como los círculos de aficionados a la Astronomía deben jugar un papel preponderante en la denuncia y demanda de soluciones, especialmente en aquellos lugares donde, existiendo normas reguladoras, haya que incitar a la administración responsable a hacer efectivo su cumplimiento.

También la escuela, como ámbito de formación futuros ciudadanos, puede y debe jugar un papel preponderante en la divulgación de este asunto. Los problemas relativos a las Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente y a la Ecología reciben ya un tratamiento educativo cada vez más intenso en ella, bien a través de materias específicas en las que se puedan plantear, bien mediante actividades extra-académicas puntuales. Los ecologistas saben que

concienciar a los jóvenes supone también concienciar indirectamente a los padres respecto de los problemas medioambientales. En nuestro caso, se da la circunstancia de que todo está por hacer, porque esta forma de contaminación ha sido hasta ahora ignorada por casi todo el mundo. En el caso concreto de Catalunya, la necesidad de divulgación se planteará con intensidad cuando, estando la ley aprobada, haya que fomentar su conocimiento, incluso entre los propios ecologistas que, por lo general, desconocen bastante el fenómeno.

La universidad, finalmente, tampoco puede quedar al margen, máxime cuando este asunto abre un enorme horizonte para la investigación. Desde el punto de vista de la parte técnica del problema, aquellas especialidades universitarias relacionadas con el diseño de luminarias, componentes electrónicos de las mismas, sistemas de regulación del flujo eléctrico, lámparas, diseño de alumbrado de exteriores e, incluso, arquitectura van a tener aquí en el futuro un estímulo innegable para la innovación y experimentación. Pero donde el horizonte que se abre es enorme es, sin duda en los estudios de biología y medicina. En el primer caso, puede decirse que la investigación relativa a los efectos de la emisión de luz artificial en el medio nocturno sobre la flora y la fauna es un territorio prácticamente virgen, en el que pueden producirse sorpresas por ahora impensables. En el segundo, la indagación sobre los efectos de la luz artificial en el hombre, aún no siendo algo novedoso, resulta ser también un territorio, en gran medida, por explorar.

En función de todo ello, resulta evidente el fundamental papel que van a tener que jugar los docentes en la tarea de divulgar el fenómeno y sensibilizar a sus alumnos acerca del mismo, fomentando, especialmente en el caso de los universitarios, el estímulo por la investigación de sus distintos aspectos. Será, por ello, necesario, preparar materiales didácticos inexistentes en el momento presente, empezando por la tarea de recopilación y sistematización de toda la información (por ahora escasa) que pueda existir al respecto, con el fin de establecer un fondo documental que sirva de base para la posterior edición de los mencionados materiales didácticos. En Catalunya, dado que la futura ley prevé la creación de la Oficina Técnica para el Control de la Contaminación Lumínica, que velará por el cumplimiento y divulgación efectiva de la misma, dicha tarea recopilatoria podría resultar de una actividad combinada entre las universidades y los departamentos de Enseñanza y Medio Ambiente.

## **PROPUESTAS DE TRABAJO.**

Ofrezco, a continuación, una relación de sugerencias relativas a actividades que se pueden realizar en el aula:

### **Debates sobre el tema.**

Se pueden organizar, inicialmente, a partir de la visualización de documentales sobre el tema. Hay

dos: “Luces que nos roban las estrellas”, realizado por TVE2, y proyectado en el segundo canal de Televisión Española en el programa Línea 900 y otro, proyectado en el canal de Catalunya, de esta misma cadena en el programa “Gran Angular”. Es posible pedir copias, imagino. Además, que yo sepa, no se ha editado y comercializado ningún documental monográfico sobre este asunto, ni siquiera en inglés.

En el caso de no poder disponer de estos documentales, se puede utilizar cualquier otro sobre consumo energético y ecología, o bien sobre el cambio climático, añadiéndole información suplementaria sobre la contaminación lumínica.

También se puede realizar la misma actividad basándose en la lectura de algún texto. En nuestras páginas Web (<http://www.astrogea.org/celfosc>) se pueden encontrar textos suficientes para ello. Procuramos ir introduciendo lo más interesante de lo que se publica.

### **Ejercicios prácticos:**

a) Medida de la intensidad de la contaminación lumínica a partir de la determinación de la estrella más débil observable en una determinada constelación. Se trata de un ejercicio de observación que no requiere especiales conocimientos de Astronomía. Mediante el uso de un mapa de una constelación en el que figuran las magnitudes (valor numérico del brillo) de algunas estrellas, desde las más brillante, hasta las que se encuentran en el límite de la capacidad de detección del ojo, hay que intentar distinguir la más débil. Si se hace bien, siguiendo las instrucciones precisas y haciendo la observación en las condiciones ambientales que se sugieren, se puede obtener una medida aproximada del grado de deterioro del cielo nocturno por acción de la contaminación lumínica en un lugar determinado. Incluso se puede hacer desde distintos lugares en una misma localidad, lo cual da una idea de los efectos locales del fenómeno. Al final, si se realizan observaciones desde distintos lugares, es posible representar sobre un mapa de una ciudad, los distintos niveles de intensidad de la contaminación. En nuestra Web, bajo el apartado “Mapa de la contaminación lumínica de Catalunya” se encuentran las instrucciones para hacer todo esto.

b) Estudio de los espectros de los distintos tipos de lámparas. Para comprender el porqué propugnamos el uso preferente de las lámparas de Vapor de Sodio de Baja y Alta Presión, por ser menos contaminantes y consumir menos, se puede hacer lo siguiente: aprovechar que, por regla general, en los laboratorios de Física de los centros suele haber espectroscopios de bolsillo para organizar una o varias sesiones dedicadas a investigar la naturaleza de la luz. Pedir a una empresa fabricante, o al propio Ayuntamiento, modelos de los distintos tipos de lámparas, si es posible con información técnica relativa a las distintas bandas e intensidades de emisión de cada una de ellas, para realizar un examen del espectro y analizar la eficiencia de cada tipo de lámpara.

c) Estudio del grado de contaminación lumínica generado por los distintos tipos de luminarias que se comercializan actualmente. Para ello, hay que conseguir un catálogo de los fabricantes, que incluya lo que se denomina un diagrama polar de cada luminaria (un gráfico representativo del modo por el cual la luminaria difunde la luz). Se puede ver fácilmente qué luminarias contaminan más que otras, por difundir más o menos luz por encima de la línea del horizonte.

d) Cálculo del ahorro en el consumo del alumbrado urbano. Se solicita información técnica al Ayuntamiento relativa a un cierto sector del alumbrado urbano (un barrio, por ejemplo) que tenga luminarias con bombillas de Vapor de Mercurio: número de puntos de luz, potencia de las bombillas instaladas, número de horas de funcionamiento al año, precio del Kw/h que se paga, gastos de mantenimiento, etc. A continuación se calcula el consumo y costes de mantenimiento anual de dichas bombillas. Se hace la misma operación, pero con las bombillas equivalentes de Sodio de Alta y Baja Presión, que son de menor potencia. Al final, se determina el ahorro energético y económico resultantes.

e) “Safari” fotográfico. Se organizan grupos de alumnos con el fin de obtener fotografías de la contaminación lumínica en todos sus aspectos: calles bien y mal iluminadas, luminarias contaminantes y no contaminantes, núcleos urbanos pequeños, medianos y grandes, focos puntuales de contaminación (párkings, negocios nocturnos, urbanizaciones), dispersión hacia el cielo, nubes iluminadas, etc. Se precisa una cámara réflex, un objetivo de tipo zoom para conseguir distintas focales y encuadres, un trípode, disparador de cable y película fotográfica o diapositiva de 400 ASA. Al final, se comentan los resultados y se puede organizar una pequeña exposición. Una fotografía recomendable para captar como aumenta la eficiencia de la dispersión de la luz en la atmósfera debido a la humedad, se puede obtener fotografiando desde el mismo lugar, en condiciones de ausencia de luna, la misma área de cielo (lo más fácil es elegir la zona polar) en dos noches distintas, una sin humedad y otra con humedad ambiental perceptible, utilizando el mismo tiempo de exposición, la misma película e igual apertura de diafragma. Al hacer el revelado automático se avisa al fotógrafo de que se trata de fotografías del cielo nocturno que, por lo general, exigen un incremento del valor estándar de la densidad típica utilizada en el proceso de revelado convencional. De no hacerse, el cielo presenta un color gris-verdoso, falta de contraste. Con las imágenes finales, se compara el incremento del brillo del cielo e, incluso, si somos capaces de identificar las estrellas que se corresponden con los arcos que aparecen en ellas y buscar su magnitud correspondiente, se puede intentar estimar la degradación del fondo del cielo determinando las estrellas de magnitud más débil en una y otra fotografía y haciendo la diferencia.

## EPÍLOGO

No he pretendido en ningún momento escamotear al lector mi personal vinculación con la historia anteriormente expuesta, pero tampoco la he explicitado en demasía. Ahora bien, quiero finalizar confesando que tomé la decisión de empezar esta lucha cuando, en abril de 1992, durante unas Jornadas Estatales de Astronomía celebradas en la isla de La Palma, después de escuchar a diestro y siniestro los lamentos de mis colegas por la progresión imparable de la contaminación lumínica, propuse la simple redacción de un escrito de denuncia y nadie me hizo el menor caso, por considerar que se trataba de una guerra perdida de antemano. Pensé entonces que no era nada lógico, pero sí muy cómodo, dar por perdida una batalla en la que uno está cargado de razón, máxime cuando en Canarias ya existía la prueba palpable de que era perfectamente compatible el objetivo de la protección del cielo nocturno con las necesidades luminotécnicas de una sociedad avanzada. Al regresar, convencí a mis compañeros de la Societat Astronòmica de Figueres de la necesidad de iniciar una protesta, al menos con el fin de parar la progresión del fenómeno en nuestra comarca. Así empezó todo y aquí estamos hoy, ocho años después, a punto de tener una ley y habiendo contribuido a crear un revuelo notable en el resto del estado.

Por delante hay una inmensa tarea pedagógica que hacer. Hay que conseguir que la gente entienda que hacer un uso racional de la energía, en general, y de la eléctrica, en particular, no solamente es un beneficio económico para el usuario, sino un ejercicio de responsabilidad personal y, me atrevería a decir, también, un deber ético. Olvidamos con frecuencia que somos simples usuarios transitorios del planeta, y no sus propietarios. Como decía en una conocida carta, uno de los últimos jefes indios al presidente de los EEUU: "la Tierra no nos pertenece; nosotros pertenecemos a la Tierra". Curiosamente, la astrofísica del siglo XX le ha dado la razón, al haber puesto de manifiesto nuestra profunda vinculación y dependencia del cosmos: estamos hechos de materia de estrellas y a ellas debemos nuestra existencia. Si las eliminamos, desaparece su testimonio constante de nuestros orígenes. Con ellas se desvanece también algo muy precioso de nosotros mismos. Por esta razón, y hoy con mayor motivo, tenemos el deber de preservar la Tierra y el cielo para el disfrute de las futuras generaciones que, aunque todavía no existen, tienen derecho a que se les entregue un planeta habitable.

Confieso también que, con el tiempo, ha variado el orden de mi valoración sobre los efectos de la contaminación lumínica. Inicialmente me importaba únicamente el impacto negativo del fenómeno en la observación astronómica. Era lo que me concernía más directamente. Ahora, sin renunciar a ello en absoluto, concedo una creciente importancia a los demás efectos medioambientales que ocasiona. Con el tiempo, cada vez me pesa más la conciencia de que nada nos autoriza a esquilmar los recursos naturales de la Tierra, inmersos como estamos en una especie de vorágine consumista y comportándonos como si

fuéramos la última generación de habitantes del planeta. Daba grima, por ejemplo, contemplar por televisión los fastos del recientemente celebrado falso milenio y observar cómo los habitantes de las grandes metrópolis del mundo competían entre sí por ver quien consumía más kilovatios enviando luz al cielo, llenando el aire de desechos pirotécnicos y las calles de toneladas de basuras, en un patético intento de demostrar su chauvinista e ilusoria pretendida superioridad respecto de los demás. Aquella fue, sin duda, la noche con la mayor contaminación lumínica de la historia. Uno deseaba entonces y también ahora que ¡ojalá! fuera también la única.

## BIBLIOGRAFÍA

### Artículos:

Bosch, J. Ma. (1998). Cielo Oscuro: primera victoria. *Tribuna de Astronomía*. Madrid.

Galadí-Enríquez, D. (1999). La Ordenanza sobre Protección del Cielo Nocturno en Córdoba: Un caso sobre que reflexionar. *Tribuna de Astronomía y Universo*. Madrid.

Granados, P. (1999). Midiendo la Contaminación lumínica. *Tribuna de Astronomía y Universo*. Madrid.

Horts, P. (1998). Contaminación Lumínica. Situación presente y estrategias para el futuro. *Tribuna de Astronomía*. Madrid.

Varios Autores. (1998). Restoring our Vanishing Night Sky. Varios artículos. *Sky & Telescope*.

### Recursos disponibles en Internet

Remito al lector interesado a nuestras páginas Web (<http://www.astrogea.org/celfosc>) donde se puede encontrar todo tipo de información y muchos enlaces con otras Webs, entre las que destaca la de la International Dark-Sky Organization, entidad pionera en la denuncia del fenómeno de la Contaminación Lumínica.

### Estudios:

*Informe sobre la Contaminación Lumínica*. (1995). Recopilación de textos y documentos realizada por la Societat Astronòmica de Figueres. Figueres.

*Pla Director per a l'Estalvi energètic en l'Enllumenat Públic a Figueres*. (1995). Estudio realizado por la empresa de servicios FISERSA. Ajuntament de Figueres. Figueres.

*Informe Tècnic sobre la Contaminació Lumínica a Catalunya*. "Libro Blanco" utilizado como documento para la redacción de la futura ley en Catalunya. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient.

*Contra la Contaminación Luminosa*. (2000). Pequeño manual recientemente editado por la empresa de luminarias i Guzzini.

*Recomendaciones de la Comisión 50 de la International Astronomical Union*.

*Guidelines for minimizing Skyglow*. (1995). A CIE Technical Report.

*Guía para la reducción del resplandor luminoso nocturno*. (1999). Transcripción española de Informe Técnico anterior, realizada por el Comité Español de Iluminación.

*Niveles Luminotécnicos*. Estudio realizado por la Oficina Técnica para la Protección del Cielo (OTPC). Instituto de Astrofísica de Canarias.

*Estudio de emisión hacia el hemisferio superior de diferentes tipos de luminarias y criterios sobre el alumbrado de exterior utilizados en los alrededores del O.R.M. para evitar la potencial contaminación lumínica*. OTPC. La Laguna, 1994.

*Normativa para la protección del cielo. Criterios en Alumbrado de Exteriores. Lista de Luminarias*. (1995). OTPC. La Laguna. ■