

EL LADO OSCURO DE LA LUZ

Francisco Colomer Sanmartín

*Jefe de Servicio de Efemérides y Hora
Observatorio Astronómico Nacional
Instituto Geográfico Nacional - Ministerio de Fomento*

La contemplación del cielo estrellado es probablemente uno de los mayores placeres que existen. Complejo y grandioso, nos envuelve y maravilla en sus detalles. Nos conmueve su belleza, y encogemos ante su visión, mientras imaginamos otros mundos, otras civilizaciones lejanas. O quizás no. Pues el cielo estrellado ya casi nadie lo ve.

Introducción

En los albores de la humanidad, los primeros seres humanos disfrutaban de la contemplación del cielo nocturno. Los cuerpos celestes formaron parte de sus vidas, y comprobaban posiblemente asombrados la aparición diaria del Sol, y los cambios en el cielo de la Luna, los planetas, cometas, etc. Tratando de comprender la existencia de los astros, y la suya propia, idearon teorías del mundo, dioses, mitos, héroes, ángeles y demonios. En todo el planeta, la visión del cielo estrellado ha intervenido en el establecimiento de las civilizaciones y de sus religiones. Había mucho que explicar, y pocos medios.

Durante siglos, el hombre ha continuado pudiendo contemplar el cielo. Ello ha sido fuente de inspiración cultural, en pintura, poesía, música... Su magnífica complejidad no ha pasado inadvertida a las mentes más brillantes. El desarrollo científico está íntimamente ligado a la constatación de que somos parte del Universo. Basta imaginar cómo sería nuestro mundo y nuestra civilización si viviésemos en un planeta cuya atmósfera no permitiese mirar más allá, quedando nuestra percepción del Universo acotada a nuestra pequeña Tierra.

Para millones de personas, en la actualidad, el mundo no es muy diferente de lo que acabamos de describir. Privados habitualmente de la contemplación del cielo nocturno por la contaminación lumínica que existe en las ciudades que habitamos, hemos perdido la consciencia de ser parte del Universo. Restringimos nuestros pensamientos a lo que es local e inmediato. La sociedad ha perdido una gran herramienta para mantener un estado de curiosidad que es básico para el progreso ordenado y sostenible.



Figura 1: “La noche estrellada”, por Vincent Van Gogh (1889), Museo de Arte Moderno de Nueva York. Muestra en la parte central del lienzo el pueblo de Saint-Rémy bajo un cielo arremolinado. El Museo de Orsay (París) alberga otro famoso cuadro, “Noche estrellada sobre el Ródano”, pintado por Van Gogh en 1888 durante su estancia en Arlés, en el que se aprecia la constelación de la Osa Mayor y otras estrellas, así como la incipiente contaminación lumínica producida por las lámparas del puerto.

¿Qué es la contaminación lumínica?

Se puede definir la contaminación lumínica como “la emisión de flujo luminoso de fuentes artificiales nocturnas en intensidades, direcciones, horarios o rangos espectrales innecesarios para la realización de las actividades previstas en la zona en la que se instalan las luces”¹.

¹Asociación contra la Contaminación Lumínica “Cel Fosc”, <http://www.cel-fosc.org/>.



Figura 2: Distribución de la contaminación lumínica en la Tierra vista por los satélites del Defense Meteorological Satellites Program (DMSP) de EE.UU. (Cortesía NASA/GSFC y NOAA/NGDC).

Siendo obvio que la iluminación es imprescindible para la actividad humana, lo cierto es que por ahora, y principalmente en el mundo desarrollado, se ha identificado erróneamente el progreso con una mayor iluminación. Europa, Estados Unidos, o Japón son fácilmente reconocibles en fotos nocturnas del planeta, como lo son grandes ciudades como Sídney, Johannesburgo, Río de Janeiro... África, el oeste de China, los bosques canadienses, Siberia, la amazonia y las grandes llanuras australianas están a oscuras.

¿Pero realmente el progreso necesita de tanta iluminación? Sin duda, el hecho mismo de que veamos tanta luz desde el satélite implica que muchísimas luminarias iluminan el cielo, escapando por tanto su luz de los objetos que se pretende iluminar. Querer hacerlo a propósito sería un proyecto descomunal. Un exceso desmesurado e insostenible. Un derroche irracional y absurdo.

Nuestra preocupación, como profesionales de la Astronomía, es conseguir suficiente oscuridad en el cielo sobre nuestros instrumentos para permitir realizar estudios de gran calidad. Puede parecer una obsesión de unos pocos, un problema menor, resoluble por la instalación de dicha instrumentación en territorios “oscuros”. Dicha solución no siempre es realizable, no obstante, por la necesidad de compaginar la oscuridad del cielo con otros factores (como la altura para evitar la humedad de la atmósfera, o la necesaria cercanía a las infraestructuras de apoyo a la investigación).

La realidad de la iluminación de las ciudades europeas hace imposible compaginar la instalación de grandes infraestructuras de investigación astronómica en casi cualquier lado. En España, sin ir más lejos, la sobreiluminación de Madrid capital se aprecia a simple vista a más de 200 km de distancia, y produce un resplandor detectable por telescopios de mediano tamaño instalados incluso en Santander. Ni que decir tiene que ninguna zona de la península es completamente apta para la instalación de instrumentación astronómica avanzada.



Figura 3: Visión nocturna de Madrid y las poblaciones del Corredor...



Figura 4: Fotos tomadas por Todd Carlson el 14 de agosto de 2003, durante un apagón en la costa este de EE.UU. (izquierda). La visión directa de los astros desaparece en cuanto se repara la avería (derecha).

¿Pero cuál es la ventaja de iluminar inadecuadamente? Se considera que una mayor iluminación aumenta la seguridad. Sin embargo, en realidad aumenta sólo la sensación de seguridad. Los inconvenientes son numerosos: un consumo mayor e innecesario, un impacto negativo en el medioambiente (flora y fauna), y por supuesto, la pérdida de la visión del cielo nocturno para la mayoría de la población occidental.



... del Henares. Fotografía cortesía de Pedro-Luís Cuadrado Revuelta (pcuadrado@recol.es).

El proyecto StarLight y otras iniciativas

El 20 de Abril de 2007 se celebró en la isla de La Palma la “Conferencia Internacional en Defensa de la Calidad del Cielo Nocturno y el Derecho a Observar las Estrellas”². Considerando que el cielo nocturno es un recurso patrimonio de toda la humanidad, y que su observación ha representado una inspiración y elemento esencial en el desarrollo cultural y científico de todas las civilizaciones, se insta a las autoridades a promover acciones de protección del medio ambiente nocturno a nivel local, nacional e internacional, y a informar y sensibilizar a todos los agentes implicados y a la población general sobre la necesidad de dicha protección.

Desde entonces, cada 20 de abril se celebra la “Noche Mundial en Defensa de la Luz de las Estrellas”.

Como ésta, otras iniciativas se van proponiendo para aumentar la concienciación social sobre la realidad de la contaminación lumínica y la importancia de preservar la oscuridad del cielo. Durante 2009, Año Internacional de la Astronomía, se ha desarrollado en España un proyecto pilar denominado “Descubre el cielo oscuro”³, para tratar aspectos como el desarrollo de nuevas técnicas de iluminación y actividades diversas (como fiestas de estrellas, cuentacuentos, etc.). Los aficionados y la población general pueden también participar activamente y contribuir a diseminar la concienciación sobre la problemática de la contaminación lumínica realizando sencillas observaciones del cielo nocturno, en campañas como “Globe at Night”⁴ o el proyecto IACO⁵ de la Asociación Malagueña de Astronomía.

La contaminación lumínica también ha sido estudiada en congresos monográficos, como el celebrado en Eslovenia en 2007⁶, o el grupo de trabajo formado durante el Noveno Congreso Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) celebrado en 2008⁷ en el que se discuten los aspectos científicos y legislativos relevantes a su prevención.

El mayor avance en este sentido ha sido la promulgación de la “Ley de Protección de la Calidad Astronómica de los Observatorios del Instituto de Astrofísica de Canarias” (Ley del Cielo) en 1988. Su principal impacto está en el control de la contaminación lumínica en el Observatorio del Roque de los Muchachos (isla de La Palma), la contaminación radioeléctrica,

²Proyecto StarLight, <http://www.starlight2007.net/>.

³http://www.astronomia2009.es/Proyectos_pilares/Descubre_el_Cielo_Oscuro.html, <http://www.darkskiesawareness.org/>.

⁴<http://www.globe.gov/GaN/>, http://www.globe.gov/fsl/pdf/GaN/GaN2009ActivityPacket_Family_ES_web.pdf.

⁵“Investigación y Acción sobre el Cielo Oscuro”, <http://www.iaco.es/>.

⁶7th European Symposium for the protection of the night sky (Eslovenia, 5-6 Octubre 2007), <http://www.darksky2007.si/index.html>.

⁷<http://www.conama9.org/conama9/>, http://www.conama9.org/-conama9/download/files/GTs/GT_LUZ//LUZ_final.pdf.

atmosférica, y ecológica (control de rutas aéreas). La adaptación de luminarias con carácter retroactivo ha permitido disminuir al menos un 50 % los efectos de la contaminación lumínica en los alrededores del observatorio. En el proceso, los fabricantes certificaron más de un centenar de tipos de luminarias. En la actualidad, cualquier instalación precisa de un informe del IAC. La difusión de esta iniciativa ha permitido que otras comunidades autónomas regulen asimismo en el sentido de disminuir la contaminación lumínica; Cataluña fue pionera (2001), y posteriormente Baleares, Navarra, Cantabria y Andalucía. Algunos ayuntamientos han desarrollado ordenanzas municipales al respecto (Burgos, Santander, Sevilla, Córdoba, Tárrega, Castro-Urdiales, o sobre el entorno de la albufera de Valencia). Algunas de las normas publicadas no contemplan, desafortunadamente, la adaptación de instalaciones preexistentes.



Figura 5: Cielos anaranjados sobre Valencia, vistos desde L'Oceanografic. Fotografía de Francisco Colomer Sanmartín.

Este escenario contrasta, sobre todo, con la realidad de algunas grandes capitales como Valencia. Mientras el Plan de Eficiencia Energética del Ministerio de Fomento 2004-2012 propone un consumo medio de 75 kilovatios-hora por habitante y año⁸, en Valencia se consumen anualmente más de 127 kWh por habitante (a comparar con los 61,5 de Madrid

⁸http://www.mma.es/secciones/cambio_climatico/documentacion_cc/normativa_cc/pdf/plan_accion_2008_2012.pdf.

o los 57,4 de Barcelona). Ello tiene un impacto evidente también en los bolsillos de sus ciudadanos, que en 2007 gastaron 13 millones de euros en electricidad. Conviene recordar, no obstante, que si bien toda la contaminación lumínica implica gasto innecesario, el ahorro energético no es siempre síntoma de estar consiguiendo cielos más oscuros.

Impacto de la contaminación lumínica en Astronomía

La astronomía, profesional y aficionada, es la primera víctima de la contaminación lumínica. Los cuerpos celestes, incluso los más brillantes en origen, son detectados como relativamente débiles (a excepción del Sol) y su luz debe competir con la emitida por las actividades humanas, relativamente más intensas por estar mucho más cercanas. El cielo nocturno brilla principalmente por la luz de los astros, la luz zodiacal (polvo en el sistema solar) y el resplandor celeste (causado por átomos y moléculas en las capas altas de la atmósfera terrestre, que descargan radiación absorbida previamente). Sólo este último ya tiene un impacto sobre las observaciones; por ejemplo, una fuente de magnitud $V = 28$ se detecta con un telescopio de 8 metros (como un VLT) en 40 horas de observación, mientras que el HST (2,4 metros, en el espacio y por ello libre del impacto de la atmósfera) sólo precisa 4 horas. La contaminación lumínica, incluso si es pequeña, contribuye también a romper el delicado equilibrio que permita la observación de los objetos celestes desde la superficie de la Tierra.

Existen pocos estudios científicos que permitan estimar con precisión la cantidad de contaminación lumínica producida en cada lugar del planeta. Los trabajos de Cinzano, Elvidge⁹, o Falchi¹⁰ utilizan medidas de satélite para determinar el brillo del cielo nocturno, y desarrollan técnicas para prever la distribución y evolución de dicho brillo a cualquier longitud de onda y para diferentes condiciones atmosféricas. Según estos autores, dos tercios de la población mundial viven en zonas contaminadas (el 99 % en EE.UU.). Nuestra galaxia, la Vía Láctea, ya no es visible sobre los hogares del 50 % de los ciudadanos de la Unión Europea (el 67 % en EE.UU.), mientras que una sexta parte de los europeos (y el 40 % de los norteamericanos) no ven el cielo nocturno en absoluto. Este tipo de estudios, permitiendo cartografiar áreas muy extensas, deben realizar un modelado cuidadoso de la atmósfera para distinguir entre la luz que sale de ella (y es detectada por los satélites) y la que queda atrapada (y genera contaminación lumínica). Las medidas fotométricas realizadas desde tierra son el complemento ideal para dar exactitud a los estudios globales.

⁹P. Cinzano y C. D. Elvidge, "Night sky brightness at sites from satellite data", <http://sait.oat.ts.astro.it/MSAIt740203/PDF/2003MmSAI..74..456-C.pdf>.

¹⁰P. Cinzano, F. Falchi, y C. D. Elvidge, "The first World Atlas of the artificial night sky brightness", *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 328, 689-707 (2001).

El brillo del cielo nocturno puede medirse de forma cualitativa y sencilla, por ejemplo mediante la estimación visual de la magnitud límite. Es el caso del proyecto IACO, o del “Globe at night”, en que los participantes comunican si llevan a ver o no estrellas de fácil identificación (como los asterismos de ciertas constelaciones) o cuentan el número de estrellas visibles en las áreas que dichos asterismos delimitan. Este proceso es útil cuando se recogen medidas de muchas personas distintas.

Para obtener medidas más precisas se requiere instrumentación adecuada. Se podría definir una magnitud asociada al brillo del cielo, con la dificultad de que es una fuente extensa mientras que las estrellas se ven puntuales: se considera por ello el brillo por unidad de arcosegundo cuadrado ($\text{mag}/\text{arcsec}^2$). Como la sensibilidad del ojo humano a diferentes longitudes de onda se parece bastante a uno de los filtros comúnmente usados en astronomía óptica (el filtro V), se define¹¹:

$$b = 10^{(12,60-m)/2,5}$$

$$m = 12,60 - 2,5 \log_{10} b$$

Así, un brillo de m magnitudes medido en el filtro V equivale de manera muy aproximada a b candelas por metro cuadrado¹².

Una fuente luminosa astronómica con un brillo aparente total de m magnitudes en la banda V, si se sitúa en el cenit, ilumina el terreno con una iluminancia horizontal (o densidad luminosa) i , medida en luxes, dada por: $i = 10^{(-13,97-m)/2,5}$

Por ello, la Luna llena en posición cenital ($m = -12$) y en una noche muy clara puede llegar a inducir una iluminancia en torno a 0,16 lux. Comparativamente, la densidad luminosa de las estrellas es de 0,0003 lux, y de un día nublado, 10 000 lux.

Para controlar el impacto de la contaminación lumínica sobre los estudios astronómicos, en primer lugar deben utilizarse luminarias que eviten por completo la emisión de luz sobre el horizonte. El límite adoptado en las mejores normativas de estados y regiones europeas es de 0 ($\pm 0,5$) cd/klm (candela por kilolúmen) sobre el plano horizontal. En España, sin embargo, las condiciones de brillo de las luminarias están recogidas en el “Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior”¹³, en el que se acepta un valor diferente de cero del Flujo Hemisférico Superior (FHS) de las luminarias (en áreas o parajes que se suponen oscuros, zonas E1, como los observatorios astronómicos internacionales o los parques naturales, se acepta un FHS de hasta un 1 %).

¹¹Noveno Congreso Nacional del Medio Ambiente (CONAMA)

¹²Equivalencias: 1 lúmen (flujo luminoso) = 1 cd x sr (cd = candela = intensidad luminosa); 1 lux (densidad luminosa) = 1 lúmen/ m^2 .

¹³R.D. 1890/2008, de 14 de noviembre.



Figura 6: Ejemplos de luminarias adecuadas (izquierda) e inadecuadas (derecha) para combatir el problema de la contaminación lumínica. Cortesía de la Oficina Técnica para la Protección de la Calidad del Cielo (OTPC-IAC), <http://www.iac.es/otpc/OTPC-IAC>.

Hay que tener en cuenta que, contrariamente a lo que podría parecer, la luz emitida en ángulos pequeños y cercanos a la horizontal produce mucha contaminación lumínica. Dicha luz perniciosa es precisamente producida por las luminarias, y no por las superficies iluminadas. Debido al pequeño espesor de la atmósfera, la emisión de luz cerca de la horizontal se propaga más lejos y produce un efecto mucho mayor que la emisión a ángulos elevados, que se escapa al espacio. Es por ello que un valor pequeño del FHS no permite, en sí mismo, terminar con la contaminación lumínica.

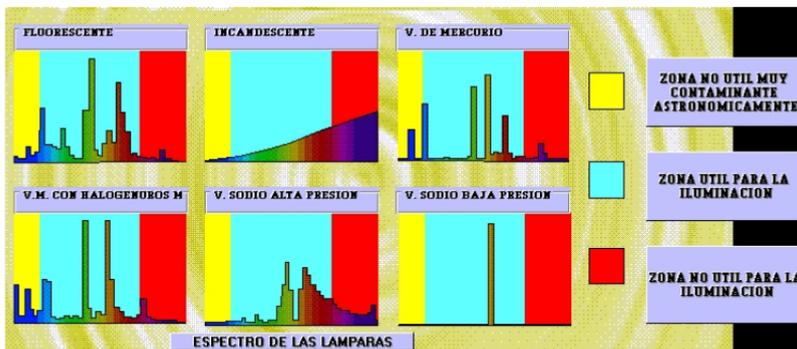


Figura 7: Espectro de varios tipos de lámparas. Cortesía: Oficina (OTPC-IAC).

Respecto a las lámparas que montan las luminarias, las menos perjudiciales son las de vapor de sodio de baja presión, que emiten toda su luz en una estrecha línea del espectro (a la longitud de onda de 589 nm), dejando limpio el resto del mismo. Estas lámparas son las más eficaces pues consumen, para un mismo paquete luminoso, 5 veces menos que las incandescentes, 2,2 menos que las de mercurio y 1,5 veces menos que las de vapor de sodio de alta presión y fluorescentes¹⁴. La concentración de la emisión en longitudes de onda determinadas permite construir dispositivos que filtren dicha emisión, recuperando la oscuridad del cielo.

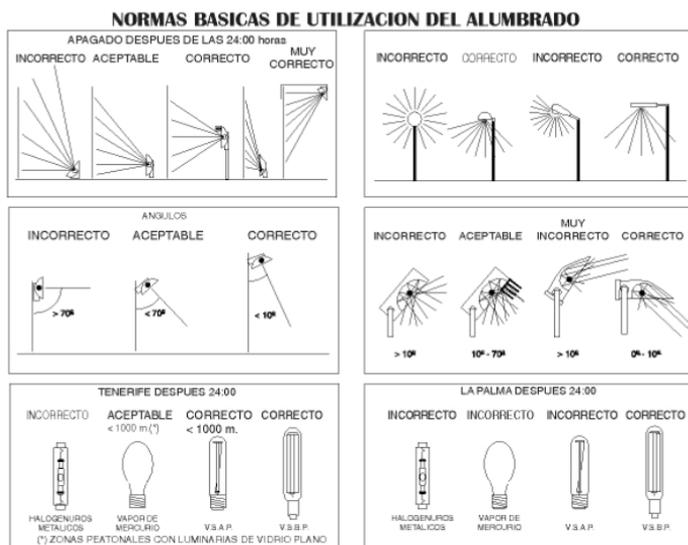


Figura 8: Orientación de las luminarias y tipos de lámparas, y su correspondiente producción de contaminación lumínica. Cortesía: Oficina (OTPC-IAC).

Impacto de la contaminación lumínica en otras áreas

Los seres vivos de nuestro entorno, y nosotros mismos, adaptamos nuestro ciclo vital a la disponibilidad o no de luz solar. La humanidad en su conjunto aprovecha la noche para descansar. La oscuridad, no obstante, tiene ventajas para numerosas especies que se sirven de ella para escapar de sus depredadores. Han evolucionado gracias a ella.

¹⁴Oficina Técnica para la Protección de la Calidad del Cielo (OTPC-IAC)

Recientemente, la luz artificial ha permitido ampliar la duración de los periodos de tiempo en que nuestras sociedades desarrollan su actividad. Ello también ha cambiado las condiciones físicas de los entornos en que viven muchas especies, demasiado rápido para que éstas puedan adaptarse. En muchos casos, este efecto no se ha contemplado como un problema sino como una oportunidad para realizar control de plagas, etc. Una grave simplificación que no es sino la punta del iceberg.

Algunas iniciativas dirigidas a reducir la contaminación lumínica para alcanzar beneficios medioambientales han estado ligadas a algún tipo de aprovechamiento como el ahorro energético o el turismo ecológico, no siendo capaces aún de comprender la necesidad de controlar la agresión que significa el uso de iluminación inadecuada, en cualquier entorno. Dos mensajes (el ahorro y la protección medioambiental) que deben llegar con igual fuerza al ciudadano.

La contaminación lumínica es un grave problema para los ecosistemas. La Unión Europea quizás comienza a darse cuenta, por lo que ha financiado proyectos bajo el paraguas del programa LIFE, como el proyecto Ecolight para proteger el entorno de la albufera de Valencia, capital de la excesiva e inadecuada iluminación en España, y probablemente en Europa. Con Ecolight se investigaron procedimientos de medida del impacto de la contaminación lumínica en flora y fauna (bioindicadores), y una metodología exportable a otros entornos a proteger.

La exposición a la luz durante la noche también tiene consecuencias en la salud de las personas, alterando la función del reloj biológico por su impacto en la producción nocturna de melatonina. Niveles menores a los habituales pueden provocar la aparición de tumores. Es fácil suponer que el aumento incesante de la iluminación nocturna tendrá también impacto, a largo plazo, en los demás seres vivos.

Es de señalar que la inhibición de producción de melatonina, por parte de la glándula pineal (conectada con los ojos), se produce por exposición incluso a periodos cortos de luz, fundamentalmente en la longitud de onda del color azul. Por ello debe evitarse salir de la oscuridad durante las últimas fases de la noche, cuando los niveles de melatonina no pueden ya restablecerse. La iluminación exterior que entra intrusa a las viviendas es especialmente dañina cuando incluye dichas longitudes de onda. Siendo también un antioxidante, la melatonina ayuda a envejecer mejor. Todo un cúmulo de ventajas a las que accedemos cuando no estamos expuestos a la contaminación lumínica.

Contaminación radioeléctrica

La emisión de ondas electromagnéticas a longitudes de onda distintas del visible también puede significar contaminación. En particular, las

interferencias de ondas radio son conocidas y sufridas por la población, significando una peor calidad de las telecomunicaciones, y por ello están reconocidas y reguladas.

La Ley General de Telecomunicaciones¹⁵ establece un marco de coordinación del uso del dominio radioeléctrico, así como la protección de los diversos servicios que precisan utilizarlo. En lo que compete a los observatorios astronómicos, la ley sigue lo dispuesto en la Recomendación ITU-R RA-769-2 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), que proporciona los “Criterios de protección para las mediciones radioastronómicas”. Esta recomendación fija los umbrales de radiación interferente en los observatorios a partir de los cuales se produce una degradación de la calidad de las observaciones radioastronómicas. Por ello, la Disposición adicional primera de la LGT establece las limitaciones aplicables a las construcciones, tendidos eléctricos, líneas férreas, y transmisores radioeléctricos (distancia y potencia) situados en las cercanías de los mismos. El espíritu de la Ley queda patente en la expresión “no podrán establecerse, por vía reglamentaria, limitaciones a la propiedad ni servidumbres que contengan condiciones más gravosas” que las indicadas.

Límites máximos de la emisión radioeléctrica interferente en las bandas de frecuencia protegidas para investigación radioastronómica

Banda de frecuencias	Densidad de flujo de potencia $dB (W/m^2)$	Intensidad de campo eléctrico equivalente $dB (V/m)$
1400 - 1427 MHz	-180	-34,2
1610,6 - 1613,8 MHz	-181	-35,2
1660 - 1670 MHz	-181	-35,2
2690 - 2700 MHz	-177	-31,2
4990 - 5000 MHz	-171	-25,2
10,6 - 10,7 GHz	-160	-14,2
15,35 - 15,4 GHz	-156	-10,2
22,21 - 22,5 GHz	-148	-2,2
23,6 - 24 GHz	-147	-1,2
31,3 - 31,8 GHz	-141	4,8
42,5 - 43,5 GHz	-137	8,8
86 - 92 GHz	-125	20,8

Para todas las demás frecuencias de la banda, se establece una limitación de la intensidad del campo eléctrico de +88.8dB (mV/m), medida en la ubicación de la Estación de Radioastronomía.

Como consecuencia, la protección radioeléctrica que disfruta el Centro Astronómico de Yebes (centro nacional de Radioastronomía, en Guadalajara), reflejada en la ORDEN CTE/1444/2003, de 22 de mayo (BOE del 4

¹⁵LGT, Ley 32/2003, de 3 de noviembre; BOE del 4 de noviembre de 2003.

de Junio de 2003)¹⁶ se limita principalmente a aquellas bandas de frecuencia en las que la Radioastronomía está asignada como servicio primario (definidas en el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias, CNAF; actualizado en la orden ITC/3391/2007 de 15 de noviembre)¹⁷. En dichas bandas, la emisión de ondas radio no puede superar las intensidades reflejadas en la Tabla 1, con independencia de la ubicación del transmisor. A nivel práctico, no obstante, se establece una zona de coordinación de 20 km de diámetro alrededor del observatorio, en la que cualquier instalación emisora deberá demostrar que no interferirá. La Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información (SETSI) del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, debe velar por su cumplimiento.



Figura 9: Radiotelescopio de 40 metros de diámetro. Centro de Desarrollos Tecnológicos y Observatorio Astronómico Nacional. Instituto Geográfico Nacional, Yeves (Guadalajara).

La protección de los observatorios de radioastronomía conseguida a través de la legislación mencionada es claramente insuficiente. No sólo por-

¹⁶por la que se establecen limitaciones a la propiedad y servidumbres para la protección radioeléctrica del Centro Astronómico de Yeves.

¹⁷<http://www.mityc.es/telecomunicaciones/Espectro/Paginas/CN-AF.aspx>.

que la investigación del Universo precise en ocasiones observar a frecuencias distintas de las indicadas, sino principalmente porque cualquier emisión intensa fuera de esas bandas (típica de los demás servicios de telecomunicaciones) puede ser detectada por la instrumentación ultrasensible del observatorio (grandes radiotelescopios, y receptores de muy bajo ruido y gran ganancia; Figs. 9 y 10). Dispositivos como los UWB (“Ultra Wide Band”, como son los radares anticolidión de los automóviles de alta gama) llenan todo el espectro con radiación de baja potencia que, en las cercanías de un radiotelescopio, genera importantes interferencias. Mejoras imprescindibles en la ley nacional serán por ejemplo el establecimiento de “Zonas de Silencio Radioeléctrico” (como ya existen en otros países) alrededor de los observatorios, y la coordinación internacional con los operadores de transmisiones vía satélite para evitar la iluminación de los parajes donde se asientan los observatorios de radioastronomía más importantes.

La Fundación Europea para la Ciencia (ESF), mediante su Comité de expertos sobre Frecuencias para Radioastronomía¹⁸, vigila para que se legisle atendiendo las necesidades del estudio científico del cosmos, de manera que las frecuencias de interés se mantengan libres de interferencias.

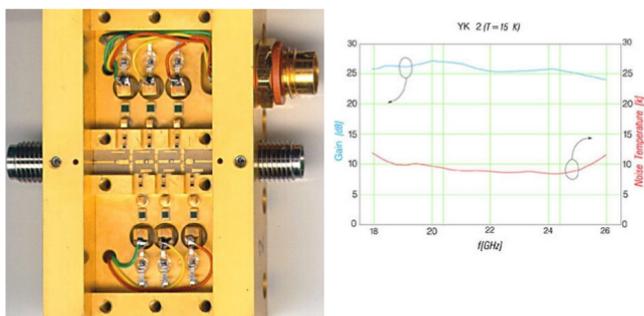


Figura 10: Amplificador criogénico ultrasensible de banda K, optimizado para cubrir la banda de 20,5 a 24,5 GHz para observaciones de las líneas del agua (22,3 GHz) y HC3N (23,7-24,1 GHz), que puede ser usado en la banda extendida de 18 a 26 GHz sin mucha degradación en los resultados de ruido y ganancia. El amplificador tiene tres etapas con dispositivos de fosforo de Indio (InP) hechos por TRW para CHOP (Cryogenic HEMT Optimization Program, JPL, EE.UU.). El diseño se realizó originalmente para el receptor de 22 GHz del radiotelescopio de 40 m del IGN en Yebes.

¹⁸CRAF, <http://www.astron.nl/craf/>

Asociaciones en defensa del cielo nocturno

La Asociación contra la Contaminación Lumínica Cel Fosc, es una organización española de ámbito nacional, dedicada expresamente al estudio, divulgación, asesoramiento y denuncia en materia de contaminación lumínica. Está integrada por científicos, ingenieros, educadores, periodistas y otros profesionales, y cuenta con una amplia participación de astrónomos aficionados, además de tener la adhesión expresa de algunas de las asociaciones astronómicas de más solera de nuestro país. La defensa de las condiciones naturales de oscuridad por medio del control del alumbrado nocturno, es uno de los principales objetivos de esta asociación. En particular, la defensa del cielo oscuro como patrimonio y derecho de todos, constituye uno de sus principales objetivos. Mantiene un grupo de discusión en internet¹⁹ al que pueden suscribirse gratuitamente todas las personas interesadas en el problema de la contaminación lumínica.

Objetivos similares se desarrollan en varias provincias. En Murcia, la “Campaña Cielo Oscuro”²⁰ pretende específicamente lograr que los ayuntamientos de dicha comunidad autónoma garanticen una adecuada iluminación y dispongan de ordenanzas municipales donde se establezcan las condiciones que deben cumplir las instalaciones de alumbrado exterior, y también conseguir la promulgación de una ley de ámbito autonómico contra la contaminación lumínica. Está adherida a la campaña “Energía Sostenible para Europa” (Sustainable Energy Europe Campaign), una iniciativa de la Comisión Europea para sensibilizar a la ciudadanía sobre la necesidad de cambiar el panorama energético en Europa.

En estrecha colaboración con la Asociación de Astrónomos Aficionados de la Universidad Complutense de Madrid (ASAAF-UCM), el Grupo de Cielo Oscuro de la Universidad Complutense de Madrid²¹ elabora mapas de iluminación de la UCM, realizando medidas de brillo del fondo de cielo, e informa acerca de los efectos de la contaminación lumínica, tratando de reducir su impacto y promoviendo una iluminación más eficiente y económica en general (y en la Ciudad Universitaria en particular).

A nivel internacional, la “International Dark-Sky Association” (Asociación Internacional para el Cielo Oscuro)²² promueve cambios en las legislaciones de los países que permitan la protección de los observatorios astronómicos, y la percepción que los ciudadanos pueden alcanzar del Universo, además del ahorro energético, financiero, y el uso racional de los recursos. Está respaldada por la Unión Astronómica Internacional (grupo de trabajo

¹⁹Grupo de discusión de Cel Fosc en internet, <http://es.dir.groups.yahoo.com/group/celfosc/>.

²⁰<http://www.um.es/cielosucuro/>.

²¹<http://www.ucm.es/info/Astrof/users/jaz/CL/index.html>.

²²<http://www.darksky.org/>.

“Controlando la contaminación lumínica” de la Comisión 50²³. Objetivos similares a los que persigue la activa asociación “CieloBuiο” en Italia²⁴.

Epílogo

En las últimas décadas se ha comprobado que la cantidad de iluminación producida por la sociedad, consecuencia del progreso deseado por todos, ha aumentado alarmantemente. Si bien dicha consecuencia es explicable, no es sin embargo inevitable. El progreso no necesita de más sino de mejor iluminación. El uso racional de los recursos, en este aspecto, tiene numerosos beneficios medioambientales, económicos, culturales, y para la investigación. La defensa del cielo nocturno tiene ventajas indudables. Permite admirar la belleza e inmensidad del cosmos, que debe estar accesible para todos los habitantes del planeta. No hacerlo sólo presenta desventajas. No esperemos más a plantear una solución consensuada, valiente, y eficaz.

²³http://www.iau.org/public_press/themes/light_pollution/.

²⁴Coordinamento per la protezione del cielo notturno, <http://www.cielobuio.org/>.