



Foto: Gonzalo Vicino

CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

(Light Pollution)

Informe preparado por el
Departamento de Astronomía del Instituto de Física de la Facultad de Ciencias

Diciembre de 1999

1) DEFINICION

"En las calles de una ciudad moderna el cielo nocturno es invisible; en el campo nos desplazamos en coches provistos de potentes faros. Hemos borrado el firmamento, y sólo unos pocos científicos contemplan aún las estrellas, los planetas, los cometas y los meteoros." Bertrand Russell.

La contaminación lumínica (Light Pollution) podemos definirla como el efecto producido por la luz que no se aprovecha con la finalidad de iluminar distintas zonas de la ciudad como calles, edificios, rutas, carteles, etc. y se difunde en la atmósfera, generando una iluminación deficiente y un gasto energético inútil. Si las instalaciones lumínicas no están bien diseñadas o no son adecuadamente instaladas pueden resultar costosas e ineficientes, generando distintos problemas:

1. **Encandilamiento:** El encandilamiento debido a instalaciones de luz deficientes puede perjudicar a peatones, ciclistas y conductores (incluso de barcos y aviones) creando riesgos más que ayudando a la prevención y seguridad en el tránsito en general. El encandilamiento ocurre cuando se puede ver directamente la luz del artefacto lumínico o del foco de luz. Debido a que el ojo humano se adapta rápidamente a la superficie o punto de mayor brillo que hay en su campo de visión y por otro lado a su lenta adaptación de una zona muy iluminada a otra oscura (varios minutos), produce que en alumbrados mal proyectados los conductores reduzcan su capacidad de percepción (deslumbramiento).
2. **Desperdicio de energía:** Artefactos ineficientes en su diseño o instalación generan pérdidas de energía que se traducen en altos costos de mantenimiento y operación e incrementan la polución ambiental a partir de la necesidad de generar energía extra debido a la cantidad de energía que se pierde. Realizar un alumbrado con una excesiva iluminación supondrá que las instalaciones vecinas tiendan a igualarlo produciéndose un efecto multiplicativo en el consumo de energía.
3. **Iluminación del cielo:** Una gran fracción de la luz que se dispersa directamente hacia arriba, crea una iluminación adversa del cielo nocturno sobre nuestras ciudades perjudicándonos en la observación de los astros. Además del ahorro de costos, un cielo menos resplandeciente por la luz difusa que desperdiciamos, permitirá a las futuras generaciones disfrutar la belleza de las estrellas y los niños podrán ser estimulados a observar, aprender y quizá por esta vía acceder a distintos campos de la ciencia. El cielo nocturno es también un patrimonio y merece ser preservado.
4. **Invasión de luz en propiedad privada:** Una mala iluminación, por ejemplo en un barrio, ilumina en forma inadecuada las casas del vecindario, penetra a través de las ventanas de los dormitorios, molesta para dormir y crea una visión poco atractiva de la zona. La iluminación exterior de edificios y casas puede molestar a transeúntes y otros vecinos.
5. **Efectos en plantas y animales:** La luz nocturna altera la actividad de varios seres vivos. En el caso de insectos la luz nocturna es capaz de producir un desequilibrio ecológico notable. Algunos pájaros pueden desaparecer; mamíferos, reptiles y anfibios son alterados en sus hábitos. La fisiología de las plantas, la fotosíntesis y el crecimiento son alterados por la luz nocturna produciendo envejecimiento prematuro de algunas especies. Efectos negativos en algunas cosechas han sido documentados así como la alteración de las funciones fisiológicas y metabólicas en el ganado.

Repetidamente se esgrime el argumento de que más luz implica menos crimen. Existen varios trabajos en el mundo (ver por ejemplo informe del Departamento de Justicia de los Estados Unidos en http://www.darksky.org/ida/ida_2/info63.html y Circulares de la New England Light Pollution Advisory Group) que indican que no existe correlación estadísticamente válida entre iluminación y crimen, más bien lo que existe es una clara relación entre

iluminación y disminución del temor al crimen. Varios estudios indican la existencia de una correlación entre encandilamiento y vandalismo. En consecuencia deben buscarse otras alternativas para la prevención del delito.

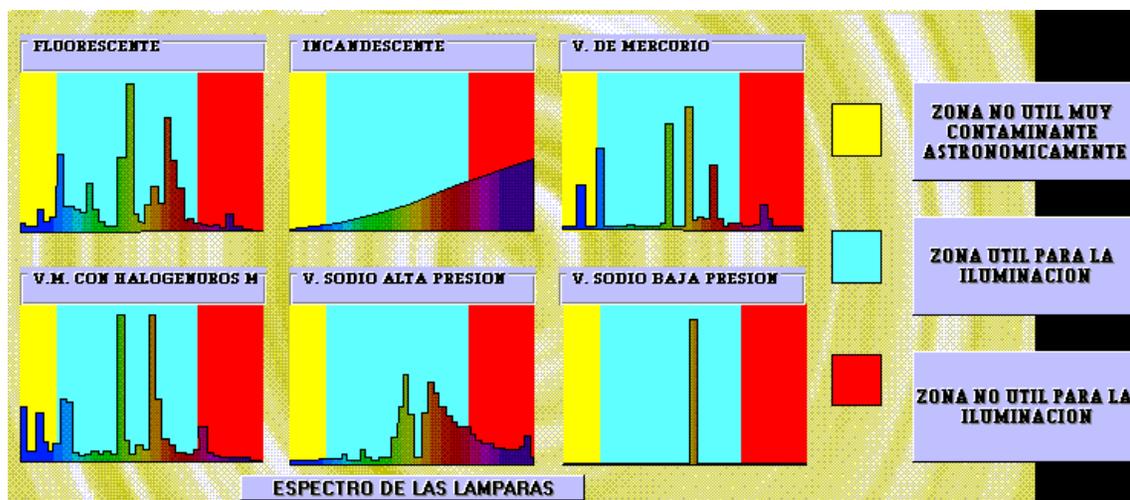
2) TIPOS DE LUMINARIAS

“No necesitamos más iluminación sino mejor visibilidad”. Fred Schaaf.

La contaminación lumínica es causada principalmente por focos o proyectores simétricos (alumbrado de grandes áreas, zonas deportivas, puertos, aeropuertos, fachadas de edificios, etc.) con elevada inclinación donde parte del flujo de la lámpara es enviado directamente sobre el horizonte, desperdiciando energía luminosa. Otras instalaciones muy impactantes por su tamaño y proliferación son los alumbrados decorativos u ornamentales en los que el flujo de luz de la luminaria sale en todas las direcciones, especialmente sobre el horizonte, como son las bolas o globos y faroles con la lámpara en el medio del farol.

Para evitar los efectos adversos de una iluminación defectuosa es necesario escoger cuidadosamente el tipo de lámpara (respuesta espectral, potencia, eficiencia), tipo de artefacto (diagrama de flujo luminoso) y colocarlo debidamente evitando el mal direccionamiento de la luz.

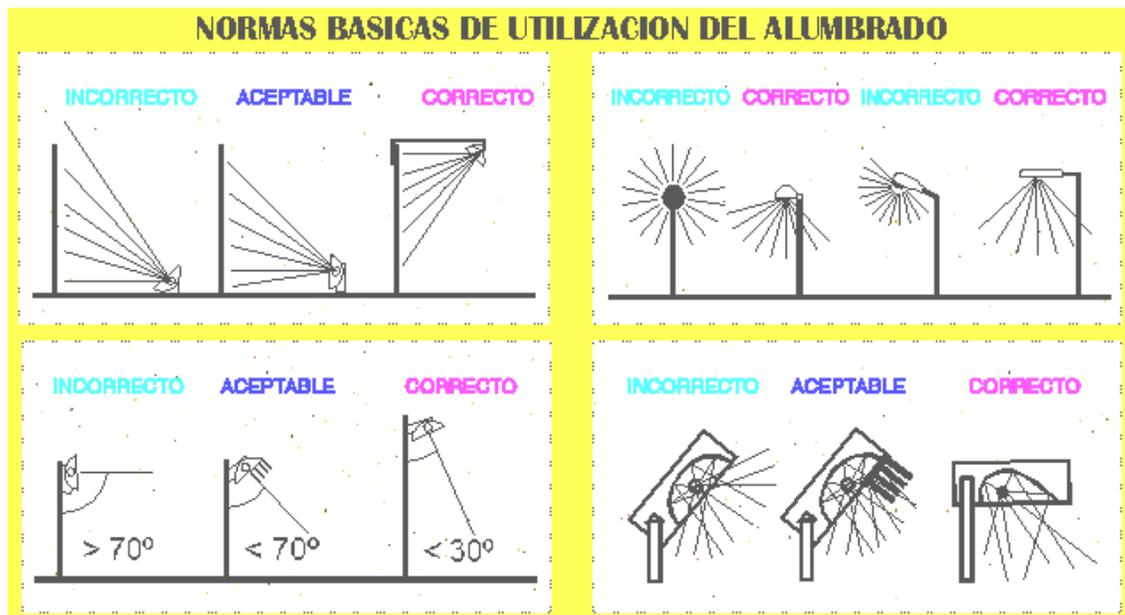
En este gráfico tomado de la página de la Oficina Técnica para la Protección del Cielo de Islas Canarias (<http://www.iac.es/galeria/fpaz/conta.htm>) podemos ver la respuesta espectral de distintos tipos de lámparas.



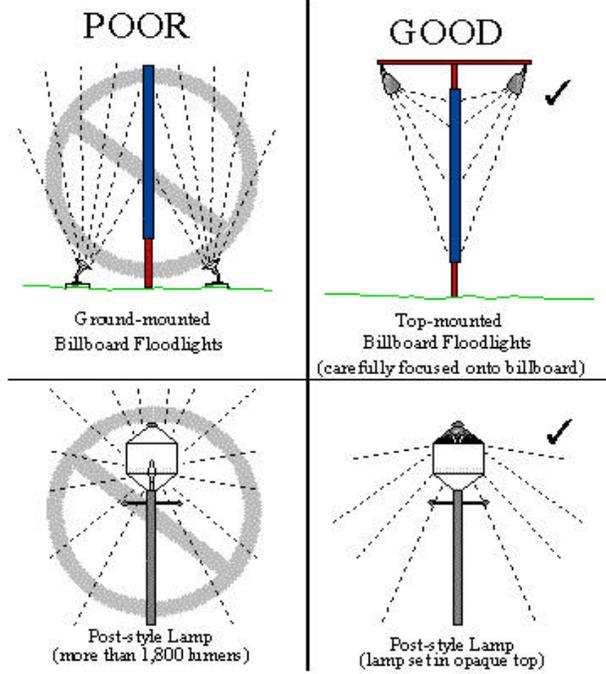
La zona del medio (celestes) es la zona útil para iluminación pues es la región en la cual el ojo humano es sensible. No tiene sentido utilizar lámparas que emitan en el ultravioleta ni en el infrarrojo pues consumirán energía, no iluminarán y dicha emisión se dispersará en la atmósfera. Si bien no será detectada por el ojo sí lo será por algunos otros seres vivos y por los diferentes tipos de detectores que se utilizan en la observación astronómica. Las lámparas de vapor de mercurio ofrecen además el peligro de contaminación química pues al romperse, el vapor de mercurio pasa a la atmósfera. Las lámparas de vapor de sodio a baja presión son las más adecuadas pues emiten en una estrecha región del espectro electromagnético en la cual el

ojo es sensible (toda la emisión se aprovecha) a la vez que sus efectos en el cielo son mas fáciles eliminar. Los astrónomos lo harían colocando un filtro de banda angosta en los detectores de uso astronómico y el ciudadano común interesado en observar objetos más débiles en el cielo, simplemente tendría que colocarse anteojos con el mismo filtro. Estos filtros ya existen y son conocidos como "filtros anti-polución", utilizados fundamentalmente en fotografía nocturna.

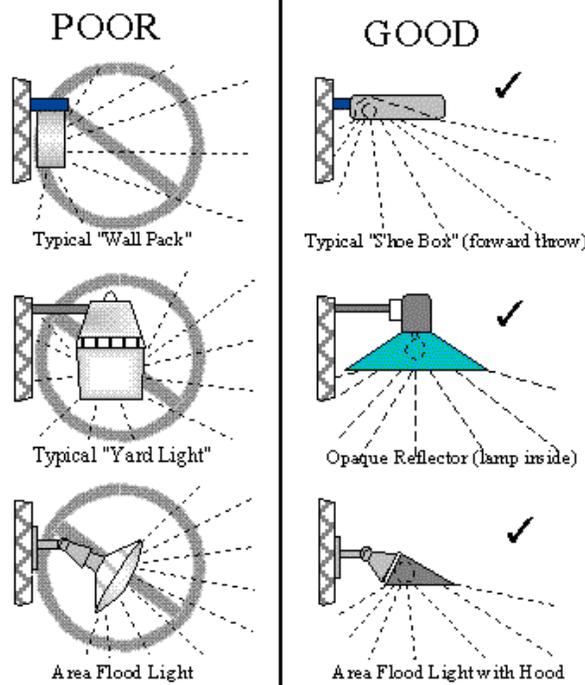
El diseño del artefacto que alberga la lámpara así como su colocación también debe ser cuidadosamente planificado según el fin buscado. Especialmente los utilizados en alumbrado publico deben ser tipo cut-off, es decir con cero emisión en la dirección del hemisferio superior. A continuación algunos ejemplos de artefactos y su correcto uso. Un extenso catálogo de lámparas adecuadas puede ser encontrado en la pagina web de la NELPAG (<http://cfa-www.harvard.edu/cfa/ps/nelpag.html>).



EXAMPLES OF SOME
COMMON LIGHTING FIXTURES

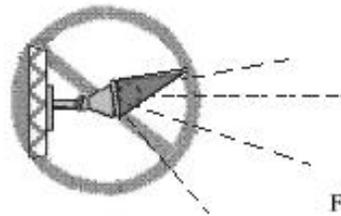


EXAMPLES OF SOME
COMMON LIGHTING FIXTURES

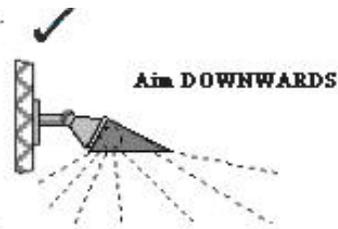


MODIFYING EXISTING FIXTURES

CHANGE THIS ...

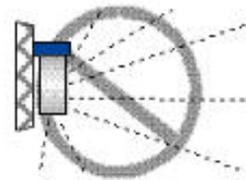


TO THIS ...

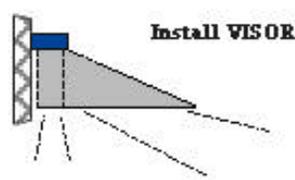


FLOODLIGHT

CHANGE THIS ...

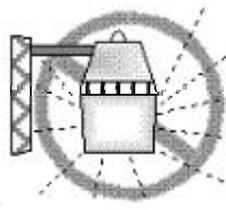


TO THIS ...



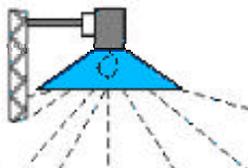
WALLPACK

CHANGE THIS ...



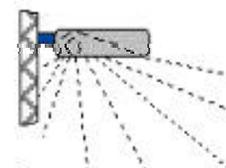
YARD LIGHT

TO THIS ...



OPAQUE REFLECTOR

TO THIS ...



SHOEBOX

3) SITUACIÓN INTERNACIONAL

La calidad del cielo en su mas amplia concepción abarca contaminación lumínica, radiointerferencias y chatarra espacial. En anexo adjuntamos referencias bibliograficas sobre estos temas en donde se puede apreciar la relevancia que el problema tiene a nivel internacional asi como en las Naciones Unidas y en las organizaciones científicas internacionales (por ejemplo ICSU).

El gobierno de Japón tiene una Oficina de Preservación Atmosférica encargada de iniciar un programa para la proteccion del cielo en una línea aun más amplia de lo que ha hecho el gobierno de España en la Islas Canarias en donde coexisten sin interferencias una intensa actividad turística y astronómica gracias a una legislacion promulgda hace algunos años.

La Unión Astronómica Internacional (<http://www.intastun.org/division.html>) tiene dos comisiones (la 21 y la 50) dedicadas al tema y se han realizado varias declaraciones como la que se encuentra en <http://www.intastun.org/environ.html> o las que siguen a continuacion

Resolución 2 en la XX Asamblea General de la UAI:

"strongly urges (a) that all astronomers request civil authorities and others in their countries to implement solutions to preserve the quality of observing conditions, and (b) that all national organizations bring these concerns to the notice of adhering organizations, space agencies, and others in their countries" (IAU Today No. 10, 1988 Aug. 11).

O la resolución adoptada en la XXIII Asamblea General en Kyoto, Agosto de 1997 (http://www.aas.org/~light/pollution_iau_resolution_97.html):

PROTECTION OF THE NIGHT SKY

The XXIIIrd International Astronomical Union General Assembly,

Considering that

Proposals have been made repeatedly to place luminous objects in orbit around the earth to carry messages of various kind and that the implementation of such proposals would have deleterious effects on astronomical observations,

and that

the night sky is the heritage of all humanity, which should therefore be preserved untouched,

Requests the President

to take steps with the appropriate authorities to ensure that the night sky receive no less protection than has been given to the world heritage sites on earth.

Recientemente (julio 1999) tuvo lugar en el edificio de las Naciones Unidas el simposio N° 196 de la UAI dedicado el tema "Preserving the Astronomical Sky" patrocinado por la UAI y la Oficina de las Naciones Unidas para el Espacio Exterior. Adjuntamos en anexo (<http://www.intastun.org/s196rep.html>) algunos resúmenes que hablan por sí solos. Por primera vez, en base a imágenes satelitales, se estimó con cierto rigor la cantidad de dinero desperdiciada en iluminación que se dispersa en la atmósfera: Nueva York City U\$S 14 millones y Londres U\$S 3 millones anuales.

Por su parte la Declaración Universal de los Derechos de las Generaciones Futuras de la UNESCO dice:

"Las personas de las generaciones futuras tienen derecho a una Tierra indemne y no contaminada, incluyendo el derecho a un cielo puro."

Existen varias asociaciones promotoras del combate a la contaminación lumínica como por ejemplo la International Dark Association (<http://www.darksky.org/>), New England Light Pollution Advisory Group (<http://cfa-www.harvard.edu/cfa/ps/nelpag.html>), etc.

Además de Islas Canarias, existen varios otros ejemplos de legislación en el mundo en el sentido de protección del cielo nocturno como en EUA, Canadá, etc.

4) GESTIONES EN URUGUAY

En 1996 el Prof. Gonzalo Vicino presentó al Intendente Mariano Arana un completo informe (ver <http://www.fisica.edu.uy/oalm/polucion.htm>) sobre el estado del alumbrado público y sugerencias para un funcionamiento más eficiente y menos contaminante. Algunos años después y a consecuencia de este informe Alumbrado Público de la IMM comenzó a tener en cuenta algunas de dichas recomendaciones a la hora de instalar la iluminación en Montevideo.

Es así que en varias avenidas y calles se están sustituyendo los antiguos focos por otros más adecuados. Gonzalo Vicino ha logrado además algún éxito en la prevención de la contaminación lumínica en la localidad de Villa Serrana cuyo cielo es parte valiosa de su paisaje.

Preocupado por la alarmante pérdida de la calidad del cielo en el entorno del Observatorio Astronómico Los Molinos (<http://www.fisica.edu.uy/oalm>), el Dr Tabaré Gallardo inició una serie de gestiones en la zona a nivel de Junta Local, Centro Comunal Zonal 12, los vecinos (entre los que se encuentra la OSE), Plan de Ordenamiento Territorial y Alumbrado Público de la IMM. El 14 de junio tuvo lugar una reunión en Alumbrado Público entre el Dr. Gallardo, el Prof Vicino y el Ing Pablo Chavarría en donde este último expuso que en la última licitación de varias decenas de miles de luminarias de alumbrado público se exigió que ante una inclinación de 15 grados por encima del horizonte la luz difundida no superase el 3% del total. La reunión fue sumamente productiva pues hubo ocasión de examinar varios modelos de luminarias de alumbrado público. Fueron seleccionadas las más adecuadas para instalar en un futuro.

En Soriano el Prof Norberto Cerruti ha logrado redactar algunas normas que están siendo consideradas para su aprobación a nivel de Junta Vecinal. Existen otras experiencias en diferente grado de concreción en otras localidades del país.

En la exposición por el medio ambiente que se realizara en el atrio de la IMM el Planetario Municipal (Dr. Gonzalo Tancredi, Lic. Andrea Sánchez, Prof. Hermida) participo con presentaciones sobre el tema contaminación lumínica con el apoyo de Alumbrado Público de la IMM.

Con motivo de las jornadas de Medio Ambiente en la Facultad de Ciencias el Dpto de Astronomía presentó un poster sobre el mismo tema. Por esas fechas el Gallardo tuvo conversaciones con los asistentes académicos a efectos de evitar y corregir el problema en la iluminación de la Facultad de Ciencias. Especialmente se enfatizó en el mal uso de los reflectores del estacionamiento.

En la VI Reunión Anual de la SUA fueron presentados dos trabajos: El Cielo Perdido y Contaminación Lumínica en el OALM.

Marginalmente relacionado con el tema de contaminación lumínica está el estudio de las propiedades de transparencia de nuestra atmósfera en diferentes longitudes de onda. Fue presentado al PEDECIBA en el marco de Proyectos Innovadores un pequeño proyecto (US\$ 5000) conjuntamente entre astrónomos y meteorólogos del Instituto de Física de la FC pero no fue aprobado.

También con alguna vinculación está el problema de la chatarra espacial, área en la cual el Dpto de Astronomía tiene un proyecto conjuntamente con instituciones argentinas y brasileñas y que ha sido presentado en varias instancias internacionales no recibiendo hasta ahora financiación.

El tema contaminación lumínica está presente desde hace décadas entre los astrónomos aficionados, docentes e investigadores de nuestro país. También en publicaciones de aficionados a la astronomía como Canopus y Red de Observadores, en algunas web (OALM), en la prensa (<http://www.observador.com.uy/1999/junio/2306/Miercoles/23cv02A.htm>, <http://www.diarioelpais.com/991029/informe.shtml>) y comienza a tener cierta difusión en Educación Primaria y Educación Secundaria. El documento de Vicino ha sido enviado en un

CD a 17 liceos del interior y a uno de Montevideo (Liceo 10) como parte del Proyecto de Visita de Estudiantes al OALM de la Sociedad Uruguaya de Astronomía con fondos del Fondo Capital (IMM) y PEDECIBA (<http://www.fisica.edu.uy/oalm/llamado.html>). El problema de la contaminación lumínica ha crecido en forma alarmante y por ello ha salido del ámbito exclusivamente astronómico.

La gestión ante UTE por la iluminación exterior de edificios va como capítulo aparte.

5) GESTIÓN EN UTE

Ante la campaña lanzada por UTE para iluminar en principio 500 edificios y ante la inquietud generada en varias personas e instituciones vinculadas a la astronomía, el Dr. Tabaré Gallardo en su calidad de Encargado de Dirección del OALM envió el 27 de mayo una nota al Presidente del Directorio de UTE, Esc. Ricardo Scaglia (ver anexos). Al día siguiente fue contactado por la funcionaria Arq. Ruggia y fue invitado a tener una reunión en el noveno piso de la UTE. Esa reunión se concretó el 3 de junio y estaban presentes Gallardo, la Arq. Ruggia, la Ing. Cabal (probablemente ese era su apellido) de la Comisión de Medio Ambiente de UTE y luego se sumó un técnico que trabajaba en la elaboración de los pliegos de la licitación para la iluminación de edificios. En dicha reunión quedó claro que entraron en conocimiento del problema a partir de la carta. Gallardo explicó las razones del problema y su preocupación por la campaña de iluminación de UTE. Los funcionarios insistieron en que la UTE no tenía por qué ocuparse del uso malo o bueno que hiciera el usuario de su energía y que con el proyecto no estaba contraviniendo ninguna ley. Más que miembro de una comisión de medio ambiente, por su actitud la delegada de la comisión parecía abogada de la empresa. Gallardo insistió en que la UTE debía orientar y elaborar una campaña de educación del consumidor en el tema uso correcto de la luz que incluso podían usar como marketing, y en particular en que la UTE sería la responsable por la eventual mala iluminación de los 500 edificios. Con respecto a este último punto Gallardo dejó, además del documento de Vicino y otros, una serie de recomendaciones que quedaron para ser evaluadas:

- ✓ no serían focos de alta potencia
- ✓ en lo posible de arriba hacia abajo
- ✓ vidrio plano y artefacto parabólico con la fuente bien colocada en su interior
- ✓ en los casos en que fueran focos de abajo hacia arriba serían apantallados para que la luz bañe el edificio pero no el cielo ni los laterales
- ✓ al llegar al usuario explicarle las razones de tales cuidados iniciando una campaña de educación en el tema

Si bien se apreció buena voluntad por parte especialmente de la Arq. Ruggia lo cierto es que luego de muchas llamadas telefónicas finalmente hacia fines de agosto la Arq. Ruggia le transmitió a Gallardo que luego de algunos estudios las recomendaciones no habían sido consideradas debido a razones de costos. Aquí terminaron las gestiones con UTE. Es interesante destacar que según estimaciones propias del Presidente de UTE, la empresa recaudaría aproximadamente 1 millón de dólares anuales por concepto del plan de iluminación de edificios. Nosotros estimamos que, de ese dinero, aproximadamente 500.000 dólares anuales están siendo emitidos hacia el cielo.

“Es sorprendente cómo alguien que nunca pensaría en dejar una botella plástica tirada en un parque es capaz de pagar dinero extra cada mes para iluminar su vecindario con luz innecesaria”

6) RECOMENDACIONES

- Recoger la experiencia internacional en materia de prevención y corrección de la contaminación lumínica.
- Conformar una comisión que involucre técnicos universitarios, técnicos municipales, técnicos de UTE y técnicos del MTOP y del MVOTMA a efectos de promover la promulgación de normas regulando el uso de artefactos luminosos.
- Proponer la inclusión del tema en las agendas de programas ambientales como los proyectos EcoPlata.
- Desestimular y eventualmente prohibir el uso de focos de luz a gas de mercurio por su amenaza a la contaminación ambiental. Promover la utilización de sodio a baja presión.
- Disminuir o eliminar la iluminación ornamental y de carteles publicitarios en aquellos horarios en los cuales no hay personas para observarlos. En noches de Luna llena la iluminación podría reducirse considerablemente.
- La iluminación exterior si necesaria debe hacerse de arriba hacia abajo para evitar la dispersión en la atmósfera y con reflectores de baja potencia asimétricos direccionados de forma de no encandilar a transeúntes y conductores.
- Iniciar una campaña de educación en el tema que incluya a UTE y ANEP.
- Promover proyectos de investigación para estudiar las características espectrales de la contaminación lumínica y la transparencia atmosférica diurna y nocturna en diferentes partes de nuestro país.
- El impacto ecológico de la contaminación lumínica no está bien estudiado por lo que podría ser interesante evaluar la posibilidad de desarrollar proyectos de investigación con ese objetivo.

7) REFERENCIAS Y ANEXOS

- El documento del Prof. Gonzalo Vicino así como varios links sobre el tema pueden encontrarse en <http://www.fisica.edu.uy/oalm/polucion.html>
- Reporte IAU “Environmental Challenges to Astronomy”: <http://www.intastun.org/environ.html>
- Reporte Symposium 196 IAU: <http://www.intastun.org/s196rep.html>
- Resumen del trabajo “Contaminación Lumínica en el OALM” presentado en la VI Reunión Anual de la SUA.
- Carta al Esc. Ricardo Scaglia.
- Bibliografía sobre contaminación lumínica, radiointerferencia y chatarra espacial: http://www.aas.org/~light/pollution_bibliography.html



MINISTERIO DE EDUCACION Y CULTURA

Observatorio Astronómico Los Molinos

Camino de Los Molinos 5769, 12400 Montevideo, Uruguay.
Tel/Fax: (5982) 2220202, <http://www.fisica.edu.uy/oalm>



O A L M

IAU Code 844

Montevideo, 27 de mayo de 1999.

Sr. Presidente del Directorio de UTE
Esc. Ricardo C. Scaglia
PRESENTE

De mi mayor consideración:

A modo personal pero recogiendo el consenso de mis colegas del Departamento de Astronomía de la Facultad de Ciencias, de la Sociedad Uruguaya de Astronomía y de las organizaciones de aficionados a la astronomía en Uruguay, debo transmitirle mi preocupación por la creciente degradación de la calidad del cielo nocturno debido a la polución lumínica. Este es un problema que afecta a globalmente al planeta y que desde hace algunos años los gobiernos, a instancias de la Unión Astronómica Internacional, están comenzando a considerar para intentar revertir la situación. La falta de conciencia sobre este problema ha motivado que la situación se haya a tal punto agravado que la Unión Astronómica Internacional reunida en Asamblea General en 1988 en Tokyo instara a que *"todos los astrónomos soliciten a las autoridades de sus países implementar soluciones para preservar la calidad de las condiciones de observación"*. El problema será considerado próximamente en el mes de julio en el Simposio 196 de la UAI, *"Preserving the Astronomical Sky"* que tendrá lugar en el edificio de las Naciones Unidas en Viena y que es patrocinado por la UAI y la Oficina de las Naciones Unidas para el Espacio Exterior. Más información acerca de la polución lumínica puede obtenerse, por ejemplo, en nuestra página web o a partir de la semana próxima en la exposición sobre el medio ambiente que tendrá lugar en el atrio de la Intendencia Municipal de Montevideo.

Concretamente motiva la presente la inminente colocación en edificios de la ciudad de focos luminosos por parte de UTE. Consideramos que UTE debería tener en cuenta este problema a la hora de planificar sus obras, que por otro lado tan importantes son para el desarrollo del país. Nos ponemos enteramente a su disposición, mas allá de que en nuestro país existen varios entendidos en el tema de la polución lumínica y que con seguridad entre los funcionarios de UTE también los debe haber, con el objetivo de comenzar a pensar en resolver este problema que afecta a aquellos que pretenden observar, con fines científicos o meramente contemplativos, más allá del techo luminoso que hoy nos impone la ciudad.

Reciba un atento saludo de

Dr. Tabaré Gallardo
Encargado de Dirección
OALM

Contaminación Lumínica en el OALM

Andrea Sosa, Juan Ferreira y Tabaré Gallardo

Observatorio Astronómico Los Molinos, Ministerio de Educación y Cultura

<http://www.fisica.edu.uy/oalm>

Para evaluar la contaminación lumínica en el cielo del OALM se tomaron imágenes en una noche (6/7/99) en condiciones favorables (sin Luna, relativamente despejado y sin viento). Se tomaron 12 frames a una altura de 30° y acimut variando de 0° a 360° a intervalos de 30° . Todas las imágenes tienen 60 seg. de exposición. Las imágenes fueron procesadas (corregidas por *bias*, *dark* y *flat*) y analizadas mediante *Iraf*. En un diagrama polar se muestra el nivel de brillo del cielo en una escala de 0 a 5000 ADUs según el acimut. Es evidente la contaminación hacia el suroeste y noroeste producto de la iluminación del predio de la OSE.

*CONTAMINACIÓN LUMÍNICA EN EL
OBSERVATORIO ASTRONÓMICO LOS MOLINOS
[diagrama polar, la línea roja indica el nivel de brillo de cielo]*

