



## MANTO DE OSCURIDAD NOCTURNA: PATRIMONIO NATURAL OLVIDADO

*Olga M. Ramos*

Instituto Internacional de Dasonomía Tropical  
Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América  
1201 Calle Ceiba, Jardín Botánico Sur, Río Piedras, Puerto Rico 00926-1119

### INTRODUCCIÓN

Desde finales de los 90, un grupo de investigadores de la NOAA y la NASA utiliza imágenes satelitales para captar el resplandor de las luces nocturnas proveniente de fuentes artificiales en la superficie terrestre (NGDC-NOAA 2006). Esto ha permitido obtener impresionantes vistas nocturnas del planeta que muestran, por primera vez, cómo las actividades humanas iluminan la noche, dibujando contornos de luz que conectan continentes, regiones, ciudades y poblados (Elvidge *et al.* 1997, 2001; Imhoff *et al.* 1997). Una sola mirada al Caribe basta para descubrir que Puerto Rico se distingue de las islas vecinas por la gran cantidad de luz que emite, asociada a un gran consumo de energía y desarrollos urbanos desparramados (Figuras 1, 2, Portada y Contraportada); una clara muestra de las actividades y forma de vida de los puertorriqueños. Al momento de preparar la portada de esta edición de Acta Científica decidimos profundizar un poco más en el uso de este tipo de imágenes para introducir el fenómeno de la pérdida de oscuridad nocturna en su dimensión poco discutida: la contaminación lumínica.

### FUENTES DE DATOS Y METODOLOGÍA

La portada presenta imágenes nocturnas captadas por el satélite DMSP-OLS de la saturación de luz promedio en Puerto Rico para los años 1992-93 y 2000. Los valores posibles de saturación de la luz van de 0 (oscuridad absoluta) a 63 (saturación máxima). Para calcular los cambios entre los años, restamos a la información digital del año 2000, la del 1992-93. En adición, sobrepusimos las imágenes a un modelo en tres dimensiones para visualizar las áreas con influencia de luz urbana en la periferia

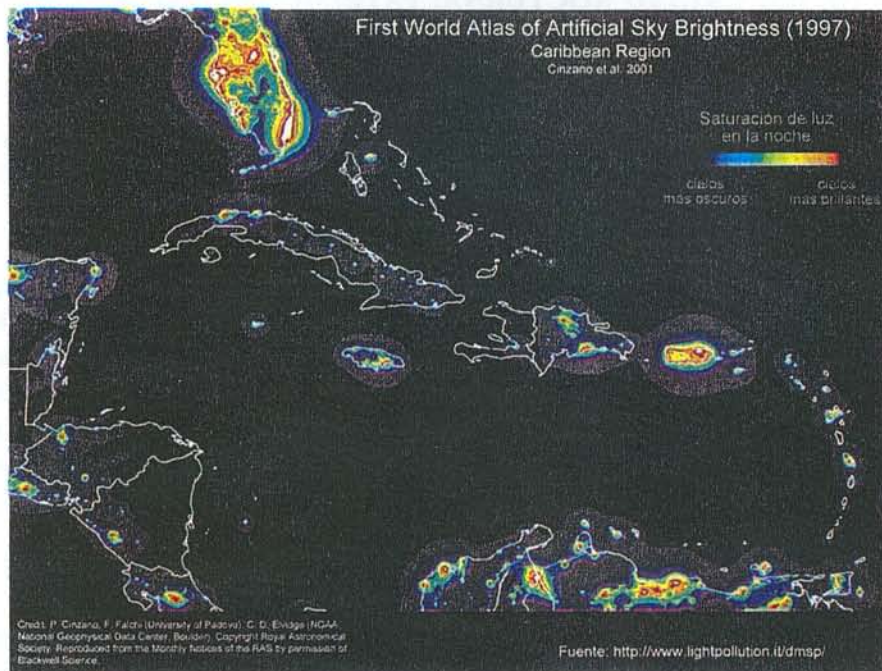
montañosa del El Yunque. En este último paso y para generar las vistas del artículo utilizamos el programa de sistemas de información geográfica ArcGIS 9.0 y el procesador de imágenes digitales Erdas Imagine 8.7. Las imágenes originales están accesibles en [http://www.ngdc.noaa.gov/dmsp/download\\_world\\_change\\_pair.html](http://www.ngdc.noaa.gov/dmsp/download_world_change_pair.html).

### DEFINICIONES

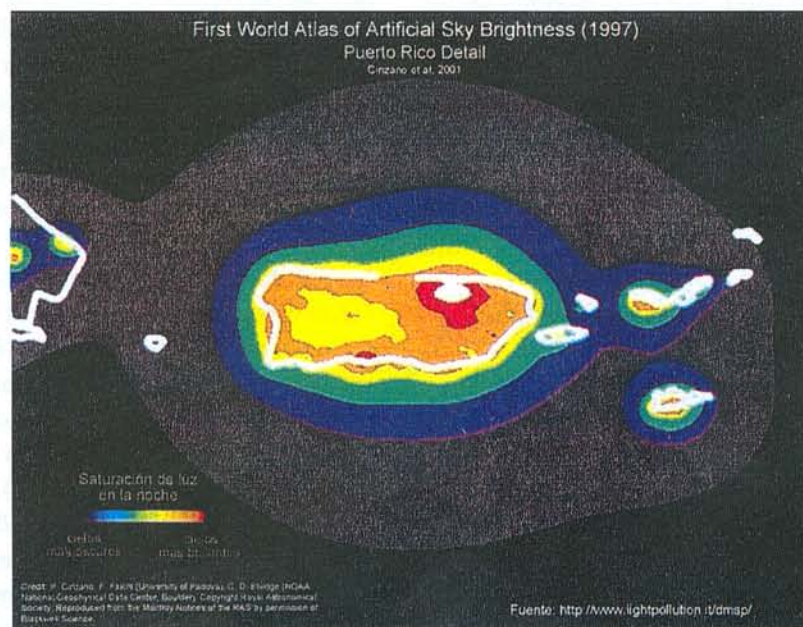
Se define la contaminación lumínica como la alteración de la luminosidad natural nocturna que impacta adversamente el ambiente y la salud de los seres vivientes. Implica cambios en la pureza natural de la oscuridad de la noche que afectan sus parámetros químicos y físicos (Cinzano y Elvidge 2004). Su fuente principal proviene del tipo de luminarias (ej. focos, postes de luz, lámparas) que utilizamos en el alumbrado eléctrico. Podemos percibirla como el resplandor luminoso o cielo incandescente de color blancuzco o anaranjado formado en las noches sobre los cascos urbanos de la isla (Cassaude 2004). Este resplandor causa contaminación lumínica astronómica y ecológica.

La contaminación lumínica astronómica nos afecta directamente al reducir el número de estrellas y objetos celestes que podemos observar en la noche. El fenómeno está siendo ampliamente estudiado por científicos y aficionados debido a sus impactos en observaciones astronómicas a través del mundo (Schwarz 2003, IDA 2006). En cambio, la contaminación de luz nocturna de tipo ecológico no es tan evidente y apenas se están empezando a estudiar sus alcances. Longcore y Rich (2004) la describen como alteraciones en la luminosidad natural de la noche que perturban de manera crónica, periódica o inesperada los ciclos de vida y habitáculos

**FIGURA 1.** Detalle de la región caribeña tomado del Primer Atlas de Resplandor Artificial Nocturno (Cinzano *et al.* 2001).



**FIGURA 2.** Detalle del Primer Atlas de Resplandor Artificial Nocturno mostrando a Puerto Rico (Cinzano *et al.* 2001).





naturales de flora y fauna. Como consecuencia, animales, plantas y el hombre pueden experimentar aumentada orientación o desorientación y atracción o rechazo a la luz artificial impactando patrones de comportamientos críticos de forrajeo, reproducción y comunicación. En adición, el exceso de iluminación artificial en la noche puede trastornar las interacciones entre especies que han evolucionado a partir de ciclos diarios de luz y oscuridad con implicaciones considerables para las comunidades en el ecosistema.

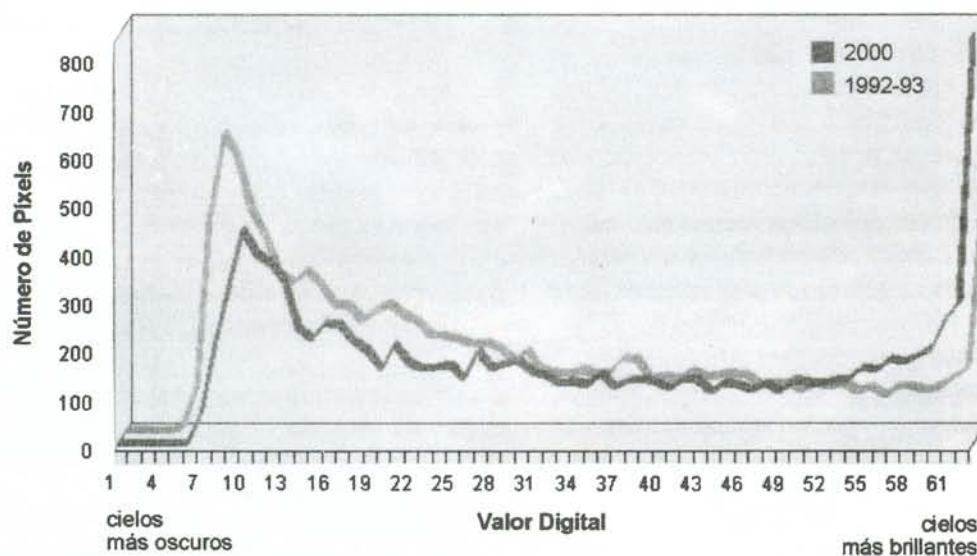
### RESULTADOS

Tanto en el año 1992-93 como en el 2000, es notable que en Puerto Rico no existan áreas con oscuridad absoluta. Toda la isla está influenciada en mayor o menor grado por el resplandor de la luz artificial (Portada y Figura 2). Los valores mínimos para el 2000 se acrecientan de 5 a 7 en las regiones más oscuras (Figura 3). Resaltan en las imágenes varios cascos urbanos en las montañas del centro-oeste de Puerto Rico como Lares, Utuado, Adjuntas y Jayuya. En el Área Metropolitana de San Juan (AMSJ), corredores urbanos costeros y pueblos más

densamente poblados o urbanísticamente desparramados, observamos que la saturación de luz artificial aumenta y se maximiza en extensiones considerables. El histograma en la figura 3 nos muestra cómo el satélite ha captado este cambio hacia cielos nocturnos más brillantes en el 2000. Aunque en ambos años pueden advertirse bolsillos de oscuridad en Vieques y Culebra (valor digital igual a cero), es posible atribuir esto a intermitencias en la cobertura y a la resolución del satélite. Para el año 2000 no se percibe disminución de luz artificial en ningún lugar de Puerto Rico.

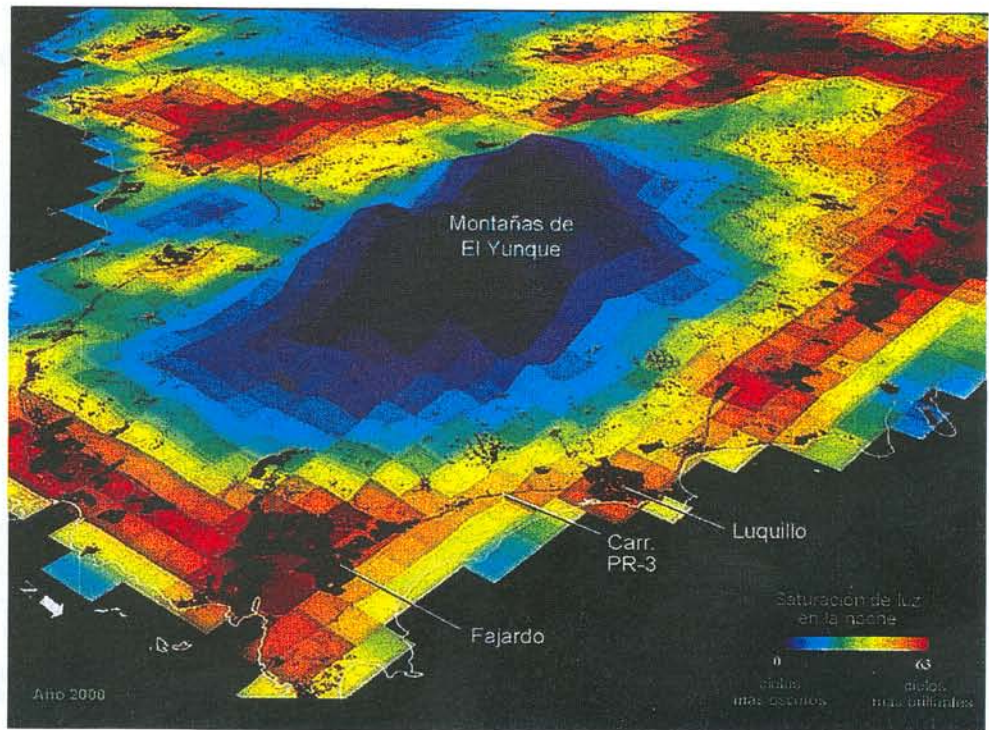
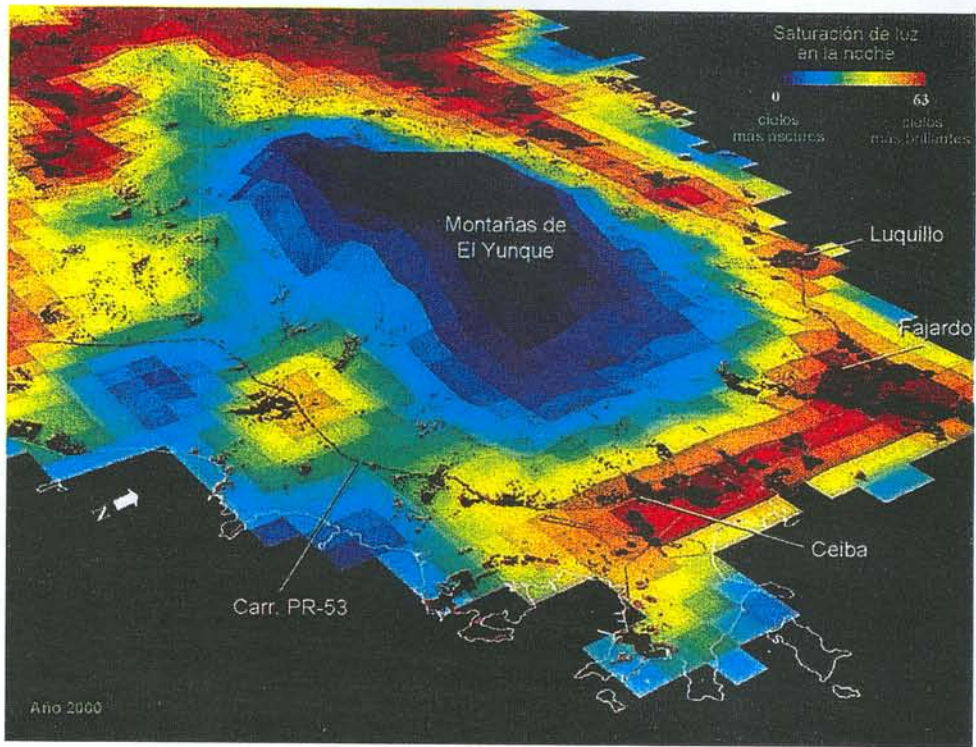
La expansión del AMSJ y otros corredores urbanos crean círculos alrededor de áreas montañosas producto de la infraestructura gris creada para nuestras actividades. Tanto en la periferia de El Yunque como en la región montañosa del oeste, estos círculos se observan más cerrados en el año 2000. El modelo en tres dimensiones ilustra cómo la influencia de luz artificial sube montaña arriba impactando las laderas del El Yunque (Figuras 4a y 4b). Igualmente, notamos que la influencia de la luz artificial llega fuera de la línea de costa.

**FIGURA 3.** Histograma de cambios en valores digitales captados por el satélite DMSO-OLS, años 1992-93 y 2000.





FIGURAS 4A y 4B. Vistas del noreste de Puerto Rico ilustrando la cobertura de luz artificial nocturna sobre un modelo en tres dimensiones, año 2000.





## DISCUSIÓN

Los cambios presentados señalan que el fenómeno de contaminación por luz artificial nocturna en Puerto Rico ha ido en aumento. Las áreas con baja contaminación lumínica (noches con cielos más oscuros) se encuentran en las zonas montañosas mientras que la mayoría de los valles en la Isla muestran valores medios y altos de contaminación por luz (cielos más brillantes). Hay lugares menos perturbados en el Valle de Lajas, el este de Vieques y en Culebra. Nuestras zonas metropolitanas, cascos urbanos y corredores en valles costeros son fuente y a su vez reciben, el mayor impacto de contaminación lumínica, alcanzando valores máximos de saturación.

La presente publicación de Acta Científica se realiza 6 años después de la adquisición de las imágenes. Indudablemente que al presente, el problema de la contaminación lumínica se ha deteriorado aún más, debido al aumento poblacional, el desarticulado desparrame urbano y el uso de luminarias no apropiadas. No es difícil constatar esto si comparamos la abundancia de objetos celestes que podemos observar de noche en diferentes localidades de la Isla. Por ejemplo, en zonas urbanas y moderadamente suburbanas de San Juan y pueblos vecinos es prácticamente imposible ver las nubosidades de nuestra galaxia, la Vía Láctea. Solo se observan un número reducido de estrellas, planetas y la Luna. Un claro indicio del impacto de la contaminación de luz en esa zona. Sin embargo, en localidades más rurales o de poca densidad urbana/suburbana como en Vieques, Jayuya, o Santa Isabel, la abundancia de objetos celestes aumenta dramáticamente y la Vía Láctea se hace plenamente visible.

La influencia de la luz artificial nocturna emitida en la Isla alcanza fuera de la costa extendiéndose al mar. Utilizando datos de este mismo satélite, científicos italianos y estadounidenses han desarrollado el primer modelo de propagación atmosférica de luminosidad artificial nocturna a escala global (Cinzano *et al.* 2001). Los resultados de este estudio se presentan en un Atlas que incluye a Puerto Rico y que reproducimos aquí en las figuras 1 y 2 para ilustrar este punto.

En términos ecológicos, especialmente para Puerto Rico y el trópico en general, el campo está abierto a más investigaciones científicas (Longcore y Rich 2005). Algunos ejemplos de cómo la contaminación lumínica produce resultados adversos son:

1) Efectos de atracción al brillo o resplandor proveniente de fuentes artificiales nocturnas en playas de anidaje de tortugas marinas. El brillo desorienta a las tortugas recién nacidas interfiriendo con su regreso a la orilla del mar, haciéndolas más vulnerables a depredación y/o mortandad. La figura 4b muestra áreas costeras impactadas por luz artificial nocturna entre Luquillo y Fajardo, donde se sabe hay actividad de anidaje.

2) Es conocido que el plancton exhibe movimientos verticales dentro de la columna de agua. Se ha encontrado que este movimiento puede estar relacionado al ciclo de luminosidad lunar (Moore 2000). Cambios introducidos en este movimiento vertical por una iluminación artificial que simule condiciones de una luna llena perpetua podrían alterar este ritmo, impactando organismos dependientes del recurso para su alimentación (Longcore y Rich 2004).

3) El brillo cegador combinado con la altura de los edificios aumenta el peligro de colisiones fatales tanto en aves migratorias y como locales.

## CONCLUSIÓN

Estamos perdiendo aceleradamente, sin discusión pública o científica, nuestro manto de oscuridad nocturna olvidando que es parte importante de nuestro patrimonio natural. Es muy escasa la regulación real existente que tome en cuenta los efectos causados por la contaminación lumínica nocturna. Hay un claro reflejo del desparrame urbano y del gasto energético público y privado de Puerto Rico en el fenómeno. Nos beneficia a todos conocer más sobre este tipo de contaminación y sus implicaciones para actuar con estrategias que ayuden a reducir sus impactos. Por un lado la contaminación lumínica astronómica nos priva de una visión y percepción sana del universo al que pertenecemos.



Por el otro, podemos estar impactando adversamente nuestros ecosistemas introduciendo desequilibrios serios para la supervivencia de organismos sensibles tanto localmente como para ecosistemas distantes.

Afortunadamente, este es un problema que puede atenderse con modificaciones en el consumo eléctrico y en el tipo de luces que utilizamos. Al momento de tener que cambiar las luminarias o bombillas existentes, es posible reemplazarlas por otras que minimicen la contaminación lumínica. Podemos seguir el ejemplo de otras jurisdicciones y países que ya están actuando para salvar este patrimonio universal. Ellos han calculado que, no solamente mejoran su calidad ambiental, sino que también hace sentido pues reduce gastos energéticos en beneficio del erario público y su economía.

Cuando hay un apagón o luego del paso de un huracán, rescatamos, como por arte de magia, nuestra ventana natural nocturna al cielo. Entonces la noche nos ofrece su perspectiva visual de la Tierra en el universo. Siendo la población de la isla 70 por ciento urbana, gran parte de nuestros hijos e hijas están perdiendo la oportunidad de disfrutar con asombro de noches colmadas de estrellas y objetos celestes. Pero hay remedio, solo tenemos que empezar por cambiar las bombillas. Es uno de los pocos problemas ambientales que podemos resolver actuando individual y colectivamente. Generaciones futuras nos agradecerán por el legado de un cielo nocturno plenamente y espectacularmente estrellado.

### ¿QUÉ PODEMOS HACER?

La contaminación lumínica puede reducirse drásticamente reemplazando o eliminando luminarias dirigidas hacia arriba. También utilizando bombillas con más eficiencia energética y largos de onda que reduzcan el resplandor o brillo cegador nocturno (Mizon 2002). Las acciones que podemos tomar incluyen:

Educarnos, preguntar y exigir cambios en el alumbrado eléctrico municipal y estatal que ayuden a cortar los efectos de la contaminación lumínica y el gasto energético público y privado. Por ejemplo, peticionar que se reemplacen las luces en las calles con bombillas más apropiadas al momento que haya

que cambiarlas o en instalaciones nuevas (IDA 2006); muy especialmente para desarrollos costeros por su influencia lumínica en nuestras playas. Estas gestiones redundarán en mejoras a la economía y ecosistemas en Puerto Rico, al igual que en el planeta.

Salir y mirar hacia arriba de noche con el propósito de disfrutar de las noches estrelladas en diferentes localidades de la Isla. Notar diferencias en la calidad del cielo nocturno y abundancia de objetos celestes como estrellas, planetas y visibilidad de nuestra propia galaxia, la Vía Láctea. Esta actividad es beneficiosa para el esparcimiento del espíritu y ayuda a obtener una perspectiva refrescante de lo pequeño pero valiosos que podemos ser en el Universo. La Sociedad de Astronomía de Puerto Rico frecuentemente auspicia salidas al campo en la noche para realizar observaciones astronómicas. El itinerario sus actividades está accesible a través del portal <http://www.astronomiapr.org>.

### AGRADECIMIENTOS

Este estudio se realizó en colaboración con la Universidad de Puerto Rico. Agradecemos a Ariel E. Lugo, Sebastián Martinuzzi, Sandra Molina Colón y Evelyn Pagán por su ayuda en la revisión del manuscrito.

### BIBLIOGRAFÍA

- Cassaude, A. 2004. Light Pollution in Puerto Rico. Acceso en portal de Internet: [http://www.armandocassaude.com/astronomy/light\\_pollution.html](http://www.armandocassaude.com/astronomy/light_pollution.html).
- Cinzano, P., F. Falchi y C.D. Elvidge. 2001. The first world atlas of the artificial night sky brightness. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 328:689-707.
- Elvidge, C., K.E. Baugh, E.A. Kihn y E.R. Davis. 1997. Mapping city lights with nighttime data from the DMSP Operational Linescan System. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 63:727-734.
- Elvidge C.D., M.L. Imhoff, K.E. Baugh, V.R. Hobson, I. Nelson *et al.* 2001. Night-time lights of the world: 1994-1995. *Int. Soc. Photogramm. Remote Sensing J.* 56(2):81-99.

- IDA. 2006. International Dark-Sky Association. Acceso en portal de Internet: [www.darksky.org](http://www.darksky.org).
- Imhoff, M.L., W.T. Lawrence, D.C. Stutzer y C.D. Elvidge. 1997. A technique for using composite DMSP/OLS "city lights" satellite data to accurately map urban areas. *Remote Sensing of Environment* 61:361-370.
- Longcore, T. y C. Rich. 2004. *Ecological Light Pollution*. *Front. Ecol. Environ.* 2(4):191-198.
- Longcore, T. y C. Rich, (editores). 2005. *Ecological consequences of artificial night lighting*. Washington, D.C.: Island Press. 458 p.
- Mizon, B. 2002. *Light pollution: responses and remedies*. Patrick Moore's Practical Astronomy Series. London; New York : Springer. 216 p.
- Moore, M.V., S.M. Pierce, H.N. Walsh, S.K. Kvalvik y J.D. Lim. 2000. Urban light pollution alters the diel vertical migration of *Daphnia*. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 27:1-4.
- NGDC-NOAA, 2006. Acceso en portal de Internet: <http://www.ngdc.noaa.gov/dmsp/index.html>.
- Schwarz, H.E., (editor). 2003. *Light Pollution: the global view*. Proceedings of the International Conference on light pollution, La Serena, Chile, held 5-7 March 2002. Dordrecht; Boston: Kluwer Academic Publishers. *Astrophysics and Space Science Library*, Vol. 284. Springer. 324 p.



# DMSP OLS / Nightlights Satellite

Light saturation



0  
darker  
sky

63  
brighter  
sky

