

Estudio del brillo del fondo del cielo nocturno del OACS.

Ricardo Antonio Pastrana Sánchez

Resumen

Los cielos nocturnos de las concentraciones urbanas se vuelven más brillantes debido a la contaminación lumínica. Los efectos de la iluminación artificial no se distribuyen de forma homogénea en el cielo. Nuestro propósito fue determinar las zonas del cielo nocturno del OACS que presentan mejores condiciones para la observación astronómica considerando como único aspecto el Brillo del Cielo Nocturno. Las mediciones se realizaron mediante fotómetro SQM-L (Sky Quality Meter with Lens) el cual mide el brillo del cielo en magnitudes por segundo de arco al cuadrado, un trípode equipado con inclinómetro y transportador permitió orientar el SQM-L en altura y acimut respectivamente, las lecturas se realizaron desde un mismo lugar excepto una que se hizo fuera de la ciudad para confrontar resultados del brillo de fondo de cielo entre el OACS y una zona que presenta poca contaminación lumínica, ambos sitios fueron georreferenciados con GPS. Las zonas del cielo que presentan una mayor oscuridad se encuentran entre los 60° y 90° grados de altura y en acimut que van desde los 320° a 15° registrando rangos de 17 mag/arcsec² hasta 18.80 mag/arcsec².

Palabras clave: Mapa de cielo, SQM-L, Brillo del fondo de cielo.

Abstract

The night skies of urban areas become brighter due to light pollution. The effects of artificial lighting are not distributed evenly across the sky. Our purpose was to determine the areas of the night sky OACS presenting best conditions for astronomical observations considered as one aspect of the Night Sky Brightness. The measurements were made by SQM-L (Sky Quality Meter With Lens) meter which measures the brightness of the sky in magnitudes per square arcsecond, tripod equipped with inclinometer and allowed conveyor guide the SQM-L in altitude and azimuth respectively The readings were made from the same place except one that was out of town to confront results sky background brightness between the OACS

and an area that has little light pollution, both sites were georeferenced with GPS. The areas of the sky having a higher darkness are between 60° and 90° in azimuth and altitude ranging from 320° to 15° recording ranges of 17 mag / arsec^2 to $18.80 \text{ mag / arsec}^2$.

Keywords: Map of sky, SQM-L, Shine sky background.

Ricardo Antonio Pastrana Sánchez (r_pastrana@hotmail.com) Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Facultad de Ciencias Espaciales. Departamento de Astronomía y Astrofísica

Introducción

La actividad humana modifica el entorno en el cual vive, las alteraciones al medio se acentúan con el paso del tiempo. El cielo no ha sido la excepción, la oscuridad del firmamento se ha ido menguando en función del crecimiento de los asentamientos urbanísticos. El fenómeno es conocido como Contaminación Lumínica que es el resultado de la práctica de iluminación que usamos en el alumbrado público, en otras palabras enviamos luz hacia arriba en vez de enviarla hacia el suelo, que es el lugar donde realmente se necesita para la actividad humana.

Como resultado de la contaminación lumínica los cielos nocturnos son más brillantes cerca de los núcleos urbanos (Group of Extragalactic Astrophysics and Astronomical Instrumentation, 2008). Este tipo de ataque medioambiental no sólo irrumpe la labor astronómica, sino que los ecosistemas terrestres y acuáticos que utilizan el nivel de luz ambiental para regular su metabolismo, el crecimiento y el comportamiento (Kyba. et al, 2011).

Un aspecto que no debe dejarse pasar por alto, es el desperdicio energético que a diario realizamos sobre en todo en las ciudades. La inadecuada forma de iluminar nuestros sitios públicos (calles, avenidas, paseos, parques, estacionamientos, etc) hace que derrochemos energía en todo el espectro electromagnético, puesto que una definición más rigurosa de Contaminación Lumínica nos dice que es la emisión de flujo luminoso de fuentes artificiales en intensidades, direcciones, rangos espectrales u horarios innecesarios para la realización de las tareas previstas en la zona en la que se instalan las luces. La factura energética mensual de la iluminación pública la pagamos todos pero no todos aprovechamos la energía ya que gran parte de ella la enviamos hacia el cielo.

Otro factor que influye en el incremento del brillo del fondo del cielo (BFC), es la desmedida publicidad luminosa que se coloca en los bulevares en donde la inexistente regulación del horario de apagado de iluminaciones publicitarias, generan este problema cada vez más extendido (AstroRED, 1995). Las empresas en una feroz guerra de mercado por atraer a los consumidores, cada vez incrementan el número de rótulos, los hacen más grandes y los vuelven más luminosos.

Para la ciencia astronómica es sumamente importante contar con cielos oscuros, pero estos se ven amenazados debido a la reflexión de la luz proveniente de los núcleos urbanos. El astrónomo tanto aficionado como profesional debe lidiar con este problema por lo que es importante conocer cuáles son las zonas del cielo que presentan mejores condiciones de observación estelar.

Nuestro propósito es elaborar mapas polares del BFC del Observatorio Astronómico Centroamericano de Suyapa (OACS) de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), los que nos permitirá conocer las zonas en acimut (A) y altura (h) que ofrecen mayor oscuridad y aquellas que muestran una mayor luminosidad.

El compromiso del OACS es el de contribuir, a través de la formación de estudiantes y profesionales, la investigación científica y la vinculación universidad-sociedad, al desarrollo sostenible del país y la región, y por medio de la ciencia, la tecnología y la cultura que generamos (Carias, 2009). Pero para llevar acabo con esta misión, el OACS debe conocer el grado en que las luminarias cercanas del alumbrado público y la publicidad luminosa influyen en la toma de datos astronómicos.

Equipo utilizado

La instrumental utilizada para la elaboración de los mapas de BFC nocturno del OACS/UNAH, estaba integrada por fotómetro SQM – L, trípode para cámara fotográfica, clinómetro para medir (h), transportador de 360° para medir (A) y tablas de doble entrada para la anotación de las lecturas. Las especificaciones técnicas del SQM – L aparecen en la tabla 1.

El SQM – L que mide el BFC nocturno, permite obtener medidas bastante más precisas que con otros métodos que dependen de la visión del observador, .Así podemos obtener medidas confiables e independientes del ojo humano y tener un juicio mayormente acertado, de la calidad de nuestros cielos.

El rango de medición del fotómetro oscila en una escala logarítmica de magnitudes por segundo de arco al cuadrado (MPSAS) que va desde las 16 mag/arcsec² que se interpretan como cielos altamente contaminados por la luz (brillantes) y las 22 mag/arcsec² para cielos con condiciones óptimas de observación astronómica (oscuros).

El dispositivo SQM - L mide principalmente una región angular del cielo que abarca un cono de 20°. Otra ventaja que presta el aparato es que se puede direccionar, lo que permite tomar medidas de distintas áreas del cielo desde un mismo lugar de observación.

Metodología

El OACS está rodeado de zonas urbanas, por lo que la influencia de la iluminación de la ciudad sobre los telescopios no se hace esperar, distinto al SQM – L que realiza las mediciones en el visible los telescopios captan en todo el espectro electromagnético. Esto hace que se sume un obstáculo más a los que ya tiene que sortear el astrónomo, como ser; el seeing, la nubosidad, la humedad, las quemaduras y los contaminantes químicos (humo de fábricas y aerosoles) hace que la transparencia de nuestro cielo se vea deteriorada rápidamente.

Por otra parte el crecimiento urbanístico exige una gran demanda de iluminación, que en muchas ocasiones no responden al medio ambiente, sino todo lo contrario, al atractivo visual de los habitantes que sin importar y el mejor de los casos sin darse cuenta, que se atenta contra las generaciones futuras en no heredarles como su derecho un cielo limpio, oscuro y estrellado como lo reza la DECLARACIÓN SOBRE LA DEFENSA DEL CIELO NOCTURNO Y EL DERECHO A LA LUZ DE LAS ESTRELLAS, dada en La Palma, Islas Canarias, España – 2007.

La calidad del cielo nocturno se está deteriorando de forma heterogénea, por lo que en ciertas zonas la contemplación de los cuerpos celestes se hace cada vez más difícil. Conocer cuáles son esas áreas del cielo nos ayudará a proponer soluciones al respecto antes que las consecuencias sean irreversibles.

Para la identificación de las porciones de cielo que presentan mayor contaminación lumínica fue necesaria la elaboración de mapas polares, estos se construyeron a partir de tablas de doble entrada en las cuales se registraban valores de acimut y altura (figura 1). Las hojas de registro también contaban con las coordenadas geográficas del punto de medición, temperatura, humedad y nubosidad predominante en la noche de la obtención de los datos.

La metodología consiste en obtener lecturas de BFC a diferentes alturas y acimut, “h” fue seleccionada en una escala de 20° hasta llegar al cenit, a cada altura le correspondía un total de 12 mediciones en acimut (rango de $A=30^\circ$) con la intención de obtener una mejor resolución espectral. En total se obtuvieron sesenta valores de BFC para cada mapa.

Resultados

Se realizaron mediciones del BFC desde la base del telescopio LX200 de 16" Rene Sagastume Castillo, con las cuales se elaboró primeramente un mapa de calibración a fin de conocer el uso y sensibilidad del fotómetro, Sin embargo en este primer sondeo se escogieron alturas cada 15° y 45° para los acimuts.

Se evidenció cielos altamente contaminados hasta $h = 30^\circ$ las datos muestran valores de $16.3 \text{ mag/arcsec}^2$ que se mantuvieron entre los 85° y 215° de acimut. Aunque entre los $A = 180^\circ$ y $A = 270^\circ$ se observó que el BFC se mantuvo en iguales valores para alturas mayores. Las zonas de mayor oscuridad se localizaron después de los 60° de altura hasta llegar al cenit, siendo este el que presentó mejores condiciones para la observación astronómica $18.7 \text{ mag/arcsec}^2$.

El programa OrigenPro 9.1 permite elaborar los mapas polares partir de una tabla que contiene los datos de A, h y BFC. Los plots que se construyeron, fueron hechos con tomas de datos realizadas cercanas al observatorio (lat $14^\circ 05' 08.00''$ N, long $87^\circ 09' 36.00''$ W), algo que influyó en las primeras evaluaciones del cielo fue la captación de luz reflejada por la cúpula por lo que se decidió moverse de lugar a fin de evitar este reflejo.

El mapa de BFC_A (figura 3) muestra un patrón de brillo similar a las lecturas de calibración, cercano a los 30° de altura se encuentran las regiones que presentan mayores brillos con magnitudes de $16.45 \text{ mag/arcsec}^2$ y $16.75 \text{ mag/arcsec}^2$, las condiciones mejoran a medida que se aleja del horizonte un rango entre $17.43 \text{ mag/arcsec}^2$ y $17.76 \text{ mag/arcsec}^2$ es el predominante entre $h = 40^\circ$ y $h = 60^\circ$, entre las alturas de 60° a 80° predomina un BFC igual a $18.41 \text{ mag/arcsec}^2$, a los 90° se registraron valores de $18.74 \text{ mag/arcsec}^2$.

Cada observación astronómica es única en el tiempo aunque se observe el mismo objeto en días distintos, las condiciones de cielo cambian a cada instante, esto se puede apreciar claramente en el mapa de BFC_B (figura 4). Los patrones de brillo cercanos al horizonte se mantuvieron, igual paso con las alturas que van desde los 30° a los 60° , una magnitud de $18.41 \text{ mag/arcsec}^2$ prevaleció entre los 60° y el cenit.

Una magnitud de brillo de $18.09 \text{ mag/arcsec}^2$ fue la influyente entre los 60° y 90° de altura para acimuts que iban desde los 30° a los 330° en el mapa polar de BFC_C (figura 5), mientras que valores de $16.78 \text{ mag/arcsec}^2$ hasta los $17.43 \text{ mag/arcsec}^2$ se registraron para alturas entre los 0° y 60° .

Con el propósito de realizar comparaciones entre el cielo del OACS y un sitio que presente poca contaminación lumínica, se dispuso obtener medidas del BFC nocturno de la zona de Monte Fresco (lat = $87^\circ 09' 08.00''$ N, long = $87^\circ 09' 36.00''$ W). El mapa polar de BFC_D (figura 6) evidencia una gran mejoría en la oscuridad del cielo. $18.74 \text{ mag/arcsec}^2$ fueron las que se mantuvieron en mayor número durante la captación de las medidas, $18.41 \text{ mag/arcsec}^2$ se registraron entre $h = 40^\circ$ y $h = 60^\circ$ para acimuts de 201° y 315° , se encontró un valor del brillo de $16.78 \text{ mag/arcsec}^2$ para un acimut de 255° .

Conclusiones

Los mapas polares del OACS, advierten que las mayores magnitudes de brillo (16 mag/arcsec^2) se localizan cercanas al horizonte hasta alturas de 30° atenuando en gran medida las salidas y puestas de los astros.

Las regiones del cielo OACS que presentan mayor oscuridad son localizadas a alturas superiores a los 30° hasta llegar al cenit.

Los cielos del OACS durante este estudio revelaron un promedio de BFC de $18.29 \text{ mag/arcsec}^2$, 23°C para la temperatura, 33% de cobertura de nubosidad y 80% de humedad. Lo que se interpreta como cielos relativamente buenos para la observación estelar.

Se comprueba que los lugares alejados de la ciudad son pocos o casi nada afectados de la emisión de radiación de la ciudad, ofreciendo cielos oscuros y despejados aptos para el disfrute y la investigación astronómica.

El trabajo efectuado contribuirá para que futuras investigaciones acerca de la contaminación lumínica en el OACS puedan ser comparadas con la presente, lo cual permitirá revelar la evolución del fenómeno.

Recomendaciones

Con el propósito de contribuir a la protección del cielo nocturno del OACS exponemos las siguientes sugerencias:

1. Elevar una petición a las autoridades edilicias solicitando la regulación de publicidad luminosa alrededor del observatorio.
2. Instalación de interruptores para el alumbrado público que se encuentra cercano al OACS. Esto permitirá que en las jornadas de observación nocturna disminuya las luces que afectan directamente al telescopio.
3. Se debe realizar los ajustes de energización de las luminarias para que estas emitan dentro de los rangos establecidos internacionalmente.
4. Elaborar mapas del BFC mensuales ayudarían a conocer con más detalle la evolución del brillo del cielo nocturno a lo largo del año.
5. Mediciones periódicas de la intensidad de iluminación de las farolas permitirá mantener bajo control los excesos de iluminación, convirtiéndose en un ahorro energético para la UNAH.

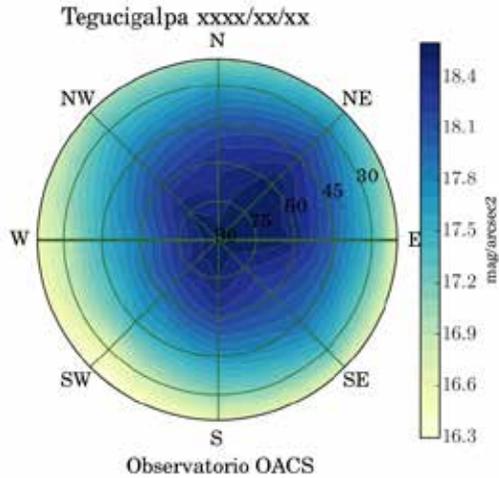
Bibliografía

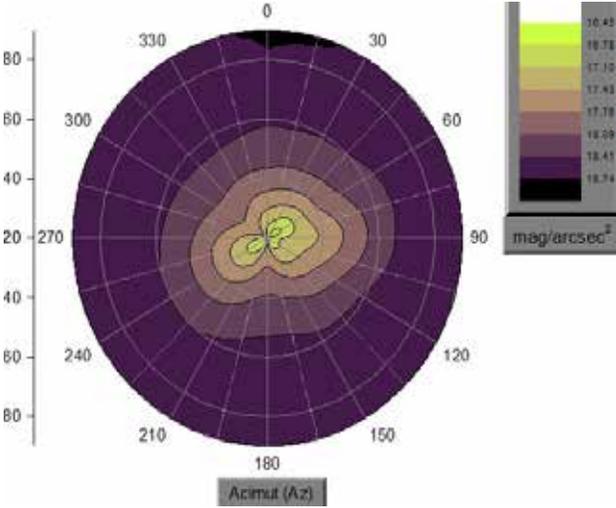
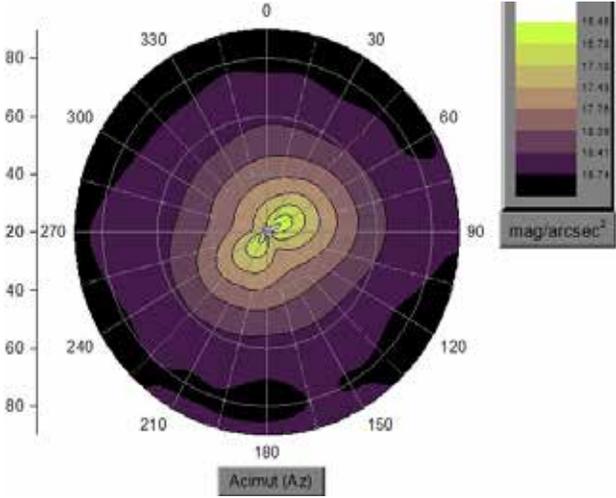
- AstroRED, B. (1995). Contaminación lumínica. Recuperado el 2013, de El cáncer del cielo: <http://astrored.org/blog/contaminacion-luminica-el-cancer-del-cielo/>
- Carías, M. C. (2009). ¿Qué es el Observatorio Astronómico Centroamericano de Suyapa de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras? *Ciencias Espaciales*, 128-144.
- Grigore, V. (2009). Meteor Observation and the Light Pollution. *Proceedings of the International Meteor Conference*, 68 - 75.

- Group of Extragalactic Astrophysics and Astronomical Instrumentation. (2008). GUAIX. Recuperado el 2013, de GUAIX: <http://guaix.fis.ucm.es/node/1483>
- Herranz, I. R. (2010). Contaminación lumínica en la UCM (2010) I. *Evolución de la iluminación en la UCM. Madrid, España: Departamento de Astrofísica y CC. de la Atmósfera.*
- Kyba. et al. (2011). *Cloud Coverage Acts as an Amplifier for Ecological Light Pollution in Urban Ecosystems. Plos one.*
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, T. Y. (Miércoles 19 de Noviembre de 2008). *REAL DECRETO 1890/2008. REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR. Madrid, Madrid, España: Boletín Oficial del Estado núm. 279.*
- Nasiri, S. H. (2007). *Measurement of Light Pollution for Observatory Sites. Solar and Stellar Physics Through Eclipses, 284 - 288.*
- Rodríguez, P. C. (2009). Mapa de contaminación lumínica de la UCM lumínica de la UCM. *Madrid, España: Departamento de Astrofísica y CC. de la Atmósfera.*
- *StarLight. (2007). DECLARACIÓN SOBRE LA DEFENSA DEL CIELO NOCTURNO Y EL DERECHO A LA LUZ DE LAS ESTRELLAS. Conferencia Internacional en Defensa de la Calidad del Cielo Nocturno y el Derecho a Observar las Estrellas (págs. 1 - 14). La Palma, Islas Canarias, España: © Bob Crelin.*

Ficha de la observación: Medición del brillo del fondo de cielo
 Coordenadas geográficas del sitio: Latitud: 14° 05' 11.18" N, Longitud: 87° 09' 34.44" W
 TU
 Hora de inicio 07:00 Hora final 01:15 $81^{\circ} 09' 38.88''$
 TC
 Hora de inicio 19:00 Hora final 19:15 $14^{\circ} 05' 05.65''$
 Temperatura 21°C
 Humedad: 83%
 Nubosidad: 36%
 Observadores: Ricardo A. Pastrana
 Adán Artoia
 Número de serie del SQM:

Acimut	Altura				
	20	40	60	80	90
0	17.05	17.96	18.45	18.73	18.74
30	16.72	17.85	18.43	18.73	18.72
60	16.45	17.79	18.32	18.68	18.70
90	15.95	17.48	18.22	18.72	18.70
120	16.97	17.75	18.44	18.73	18.68
150	16.93	17.98	18.47	18.65	18.61
180	17.39	18.12	18.52	18.74	18.70
210	16.98	17.89	18.44	18.69	18.73
240	16.73	17.70	18.41	18.70	18.70
270	17.02	17.84	18.45	18.70	18.59
300	17.38	18.04	18.49	18.70	18.64
330	17.17	18.01	18.52	18.71	18.70





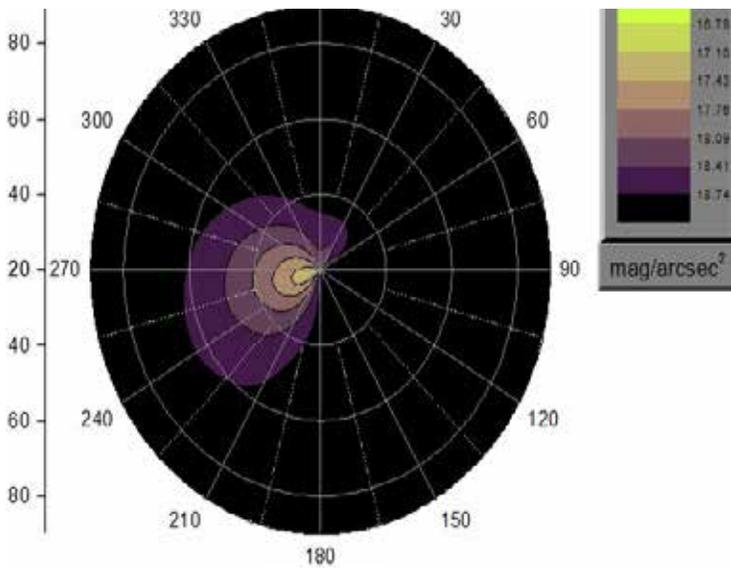
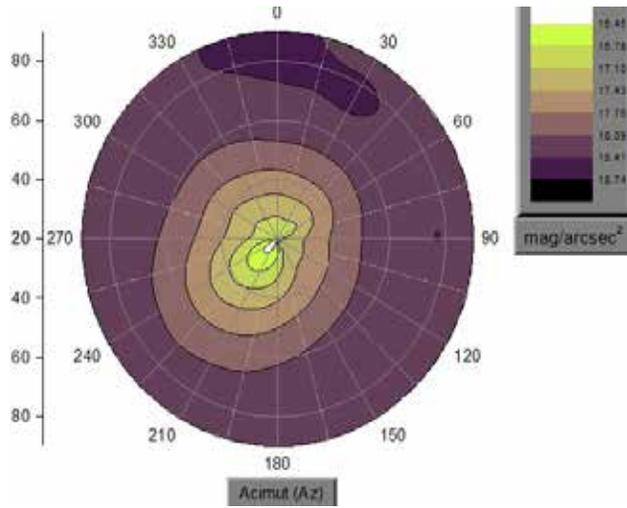


Tabla 2. Características técnicas del fotómetro SQM - L.

Especificaciones del SQM – L 6466	
Magnitud	Valor
La mitad del ancho a la mitad del máximo (HWHM)	10 °
El Ancho completo la mitad del máximo (FWHM)	20 °
La sensibilidad a una fuente de punto	19 °
Batería	9V
Tamaño	3,6 x 2,6 x 1,1 pulg. (92 x 67 x 28 mm)
Máxima luz tiempo de muestreo	80 segundos
Fotómetro Modelo 6466	