

## MEDIDOR DE BRILLO DEL CIELO PARA EL OAN-SPM

**Enrique Colorado**

**Ilse Plauchu**

**Joel Herrera**

**Antolin Cordova**

Instituto de Astronomía sede Ensenada, UNAM.

Km. 107 Carretera Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C, México.

[colorado@astro.unam.mx](mailto:colorado@astro.unam.mx)

[ilse@astro.unam.mx](mailto:ilse@astro.unam.mx)

[joel@astro.unam.mx](mailto:joel@astro.unam.mx)

[antolin@astrosen.unam.mx](mailto:antolin@astrosen.unam.mx)

### RESUMEN

Con el fin de obtener un historial cuantitativo de la calidad del cielo en el Observatorio Astronómico Nacional de San Pedro Mártir (OAN-SPM), se instaló un medidor electrónico del brillo del cielo nocturno y se desarrollaron los programas de adquisición y despliegue gráfico necesarios para su monitoreo en tiempo real. Diariamente, se obtienen mediciones del brillo del cielo nocturno, las cuales son graficadas en tiempo real, y respaldadas para un futuro análisis estadístico. Este análisis tiene por objeto determinar la evolución de la contaminación lumínica en el sitio del OAN-SPM. Las gráficas diarias obtenidas durante los primeros 9 meses, muestran claramente que es posible obtener información de la calidad del cielo de manera instantánea, así como determinar la presencia de nubes y el brillo debido a la Luna.

**PALABRAS CLAVE:** Medidor Brillo del Cielo, Astronomía, Contaminación Lumínica.

### INTRODUCCIÓN

Dada la importancia de conocer cuantitativamente el brillo del cielo nocturno en el OAN-SPM y así conocer los efectos de la contaminación lumínica por el crecimiento de las ciudades aledañas al observatorio, se ha desarrollado un sistema automático de medición del brillo del cielo, utilizando el medidor “*Sky Quality Meter*” modelo SQM-LE[1]. Este medidor proporciona directamente, vía Ethernet, la calidad del cielo en unidades de magnitud sobre segundo de arco cuadrado ( $\text{mag}/\text{arcsec}^2$ ).

El SQM se encuentra instalado al exterior del telescopio de 1.5m del OAN-SPM (véase Fig. 1), el cual se encuentra protegido contra las inclemencias climatológicas por medio de un tubo de PVC. Con el fin de minimizar el efecto de la extinción atmosférica, el medidor ha sido instalado de tal forma que mida el brillo al Cenit (ángulo de 90° con respecto al horizonte).

Este medidor es alimentado eléctricamente mediante un cable de red, el cual hace uso de la tecnología POE (*Power Over Ethernet*). Al estar accesible mediante la red, se han desarrollado los programas de adquisición y graficado en el servidor principal del OAN-SPM, llamado "haro", al cual es posible acceder en tiempo real por medio de la siguiente liga: <http://haro.astrossp.unam.mx/~resast/sqmoan/sqmweb/>



**Figura Error! No sequence specified..- Medidor SQM-LE (izquierda) y su ubicación al exterior del edificio del telescopio de 1.5m (derecha).**

## MEDICION DEL CIELO

El medidor utilizado es un SQM-LE (véase Fig. 2) es fabricado por la compañía *Unihedron* (<http://unihedron.com/projects/sqm-le/>) y cuenta con las siguientes características:

- Brillo del cielo reportado en magnitudes visuales por segundo de arco cuadrado ( $\text{mag}/\text{arcsec}^2$ ).
- Se proporcionan sensor de temperatura, número de modelo y número de serie.
- Lecturas de precisión incluso en los sitios más oscuros.
- Protocolo de comunicación abierta (open source).
- Conectividad Ethernet.
- Muestreo de luz cada segundo.
- Intervalo de temperatura de operación  $-40\text{C}$  a  $85\text{C}$ .
- Pico de respuesta espectral a 540 nanómetros (véase Fig. 4).



**Figura 2.- Medidor de brillo del cielo SQM-LE.**

En la Figura 3 se muestra la curva de respuesta espectral del medidor de brillo del cielo SQM-LE, la cual tiene su mayor sensibilidad alrededor de 540 nanómetros [3].

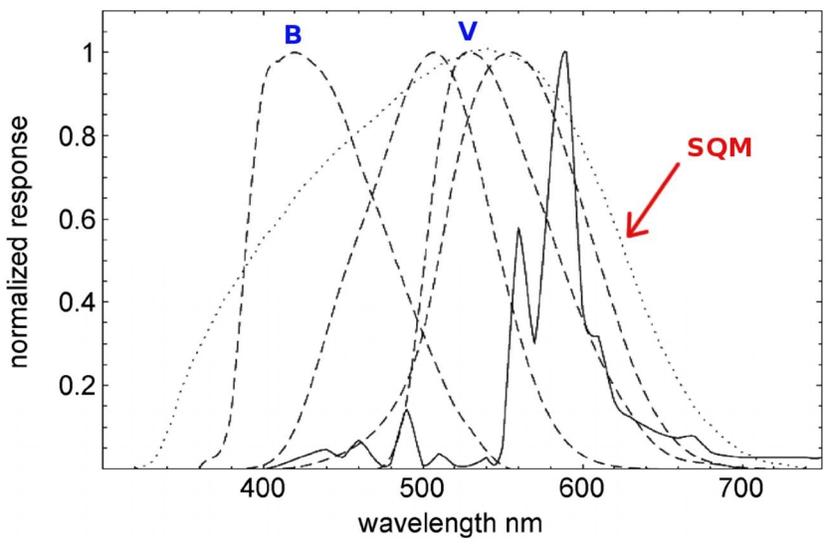


Figura 3.- Grafica de la respuesta de sensibilidad espectral del SQM-LE (Credito: Falchi 2011[3]).

**A. PROTOCOLO DE COMUNICACION**

El medidor muestra el brillo del cielo cada segundo durante el horario nocturno en el sitio, esto mediante el uso del mando "rx". La salida de este mando se muestra en la siguiente línea:

**r, 6.30m,000022921Hz,0000000020c,0000000.000s, 028.3C**

En la Tabla 1 se presenta la descripción de cada parámetro entregado:

**Tabla Error! No sequence specified..- Descripción de los parámetros de respuesta del sensor.**

# Parámetro	Valor	Descripción
1	r	Indicador de que una lectura es proporcionada
2	6.30m	Lectura del brillo del cielo en magnitudes visuales (mag/arcsec <sup>2</sup> )
3	0000022921Hz	Frecuencia del sensor en Hz.
4	0000000020c	Periodo del sensor en cuentas
5	0000000.000s	Periodo del sensor en segundos
6	028.3C	Temperatura del sensor de luz
7		Retorno de carro (0x0d), alimentación de línea (0x0a).

Para fines prácticos solo se utilizan el parámetro 2, la lectura del cielo y el parámetro 6, la temperatura del sensor.

### 2.1 Programa de adquisición.

Se desarrollo el programa *sqm.py* en el lenguaje de programación Python (véase Apéndice A), para la adquisición y almacenamiento de los datos entregados por el sensor SQM-LE. Este programa abre una comunicación cada minuto, usando el protocolo TCP/IP hacia el sensor el cual tiene el ip 132.248.4.145 y el puerto 10001. El dato entregado por el sensor es grabado en un archivo de texto y nombrado con la fecha del día del registro. El formato del nombre del archivo es: SQM\_aaaa\_mm\_dd.dat, donde "aaaa" es el año, "mm" para el mes y "dd" del tiempo Universal. Un ejemplo del nombre del archivo y su contenido es el siguiente:



SQM\_2015\_04\_19.dat:

#Fecha: 2015\_04\_19 Sistema de medición del cielo usando el sensor SQM-LE

#Datos: magnitud leida (square arc second) + TAB + Temperatura en celsius

#By E. Colorado colorado@astro.unam.mx

#-----

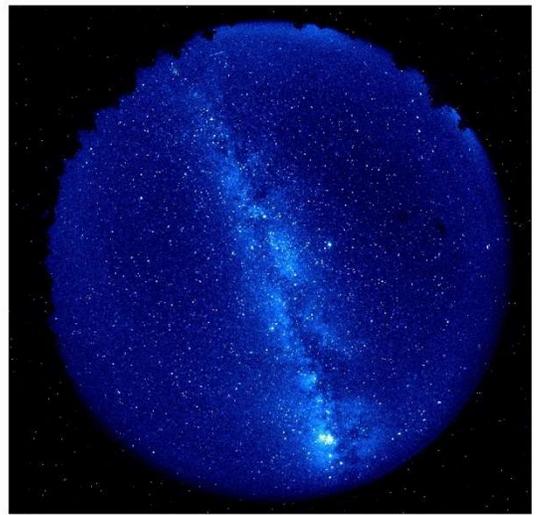
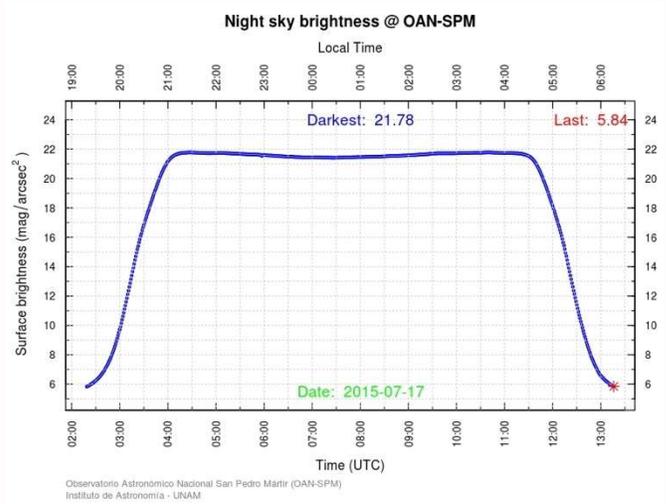
2015-04-19	01:46:56 UT	5.82	21.90
2015-04-19	01:47:56 UT	5.86	21.50
2015-04-19	01:48:56 UT	5.89	21.50
2015-04-19	01:49:56 UT	5.93	21.20
2015-04-19	01:50:56 UT	5.97	21.50

## 2.2 Programa de graficación

Las gráficas del brillo del cielo nocturno son producidas con un programa escrito en el lenguaje del paquete R[4].

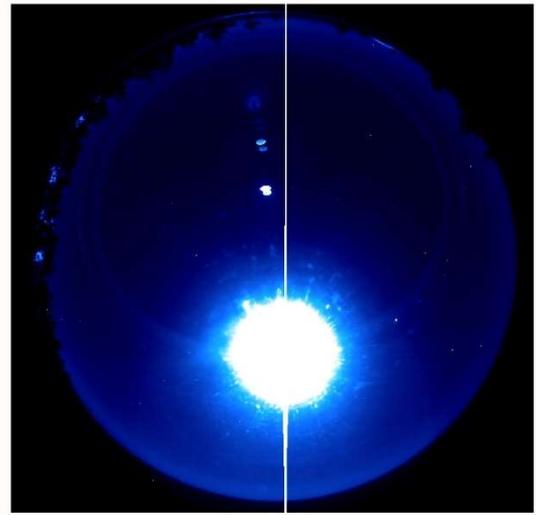
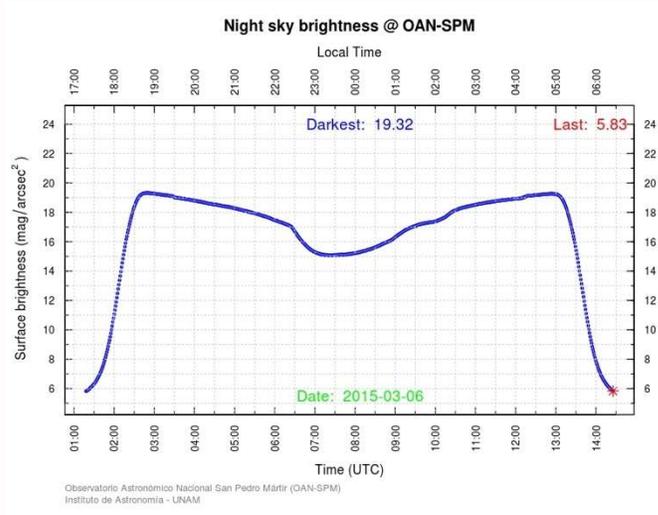
La Figura 4, muestra un ejemplo de las mediciones del brillo del cielo nocturno graficadas para la noche del 17 de julio de 2015. En la grafica, el eje vertical indica el brillo del cielo, el cual es más oscuro a mayores valores, alrededor de 22 mag/arcsec<sup>2</sup>. El eje horizontal indica el tiempo Universal (eje horizontal inferior) y tiempo Local (eje horizontal superior), ambos en horas.

Al inicio de la noche, los valores del brillo del cielo son pequeños (brillantes) y conforme anochece, estos valores aumentan (cielo más oscuro). Una curva continua y sin saltos, como la de la Figura 4, indica que la noche estuvo despejada (sin nubes) y en ausencia de Luna.



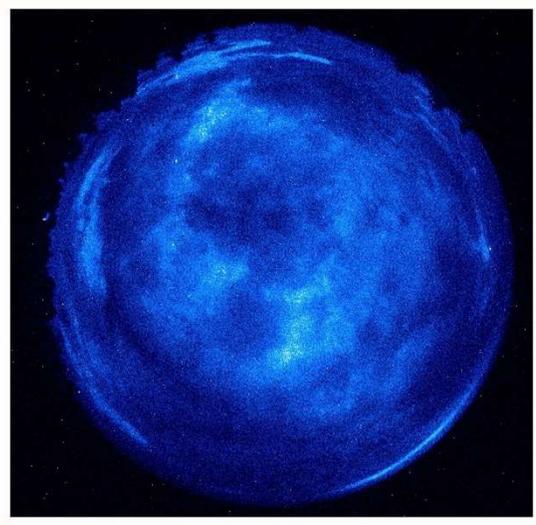
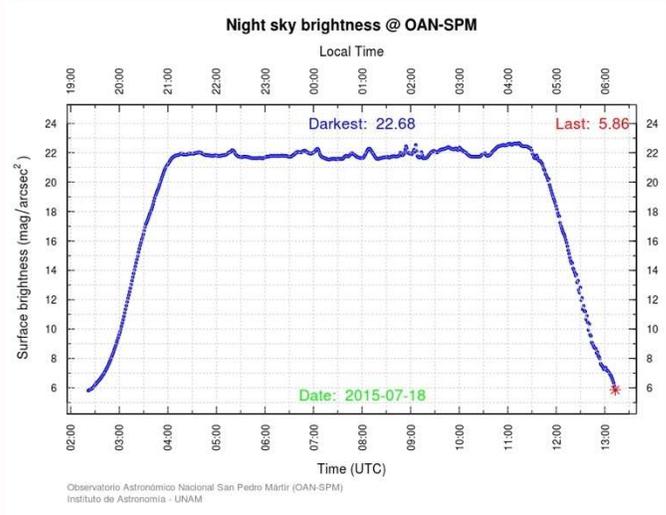
**Figura 4.- Gráfica del brillo del cielo nocturno (izquierda) e imagen del cielo (derecha) obtenida por la cámara de todo el cielo del OAN-SPM, ambos para la noche del 17 de julio de 2015.**

Una curva, como la que se presenta en la Figura 5, indica la presencia de la Luna durante toda la noche. Cuando hay Luna, los valores reportados por el medidor son menores que en ausencia de ella. En la gráfica se puede observar que la Luna paso cerca del Cenit dentro del horario de 22:00hrs a 02:00hrs hora local.



**Figura 5. Gráfica del brillo del cielo nocturno (izquierda) e imagen del cielo (derecha) obtenida por la cámara de todo el cielo del OAN-SPM, ambos para la noche del 6 de marzo de 2015 en que la Luna estuvo presente.**

Por otro lado, cuando el cielo presenta nubes, la gráfica del brillo del cielo mostrara valores altos, por arriba de 22 mag/arcsec<sup>2</sup>. En la Figura 7 se presenta la gráfica para la noche del 18 de julio de 2015, la cual estuvo nublada. Es fácil apreciar los saltos en la curva producidos por el paso de las nubes sobre el campo de visión del medidor.



**Figura 7. Gráfica del brillo del cielo nocturno (izquierda) e imagen del cielo (derecha) obtenida por la cámara de todo el cielo del OAN-SPM, ambos para la noche del 18 de julio de 2015, la cual estuvo nublada.**

### CONCLUSIONES

Se instaló un medidor de brillo del cielo en las instalaciones del Observatorio Astronómico Nacional San Pedro Mártir, con el fin de monitorear la evolución de la contaminación lumínica en el sitio. Los datos son graficados y respaldados en tiempo real para su futuro análisis. Estos datos han probado ser una herramienta eficaz para detectar la presencia de nubes y determinar el brillo del cielo en noches con Luna.

Una vez que se obtengan datos de un año, se llevará a cabo un estudio estadístico del brillo del cielo nocturno en el OAN-SPM, el cual podrá servir como referencia de la calidad del cielo para futuros proyectos que contemplan la instalación de nuevos telescopios en el observatorio. Adicionalmente, este estudio intentará mostrar la evolución (crecimiento o disminución) de la contaminación lumínica producida por las ciudades aledañas al sitio y por qué no, servir como una prueba científica ante las autoridades encargadas de regular el alumbrado público.

## REFERENCIAS

**Sitio Web:** [1] Manual del operador SQM-LE. Available at:  
[http://unihedron.com/projects/darksky/cd/SQM-LE/SQM-LE\\_Users\\_manual.pdf](http://unihedron.com/projects/darksky/cd/SQM-LE/SQM-LE_Users_manual.pdf)  
(Accessed on: Aug 3, 2015).

**Sitio Web:** [2] Tutorial de python. Available at:  
<http://www.tutorialspoint.com/python/> (Accessed on: Feb 3, 2015).

**Publicación:** [3] Falchi, F. 2011, MNRAS,412, 33F. *“Campaign of sky brightness and extinction measurements using a portable CCD camera”*

**Sitio Web:** [4] R: The R Project for Statistical Computing: <https://www.r-project.org/> (Accessed on: Aug 3, 2015).