

Caracterización de la calidad del cielo nocturno en sitios con potencial astroturístico y astronómico de la República de Cuba

Francisco González-Veitia

Especialista del Planetario de La Habana "Rosa Elena Simeón" Especialista del Instituto de Geofísica y Astronomía IGA, Cuba

Email: francisco@patrimonio.ohc.cu

Resumen

El astroturismo es una forma de turismo ecológico que puede convertirse en una importante fuente de divisas para el país, este turismo está relacionado a su vez con la instalación y desarrollo de observatorios astronómicos modernos con fines investigativos que son objetivo de los visitantes. Para desarrollar ambas tareas se necesitan mediciones que permitan determinar la calidad del cielo nocturno de forma confiable en puntos del territorio nacional con potencial astroturístico y/o astronómico. Sin embargo, existen muy pocas mediciones modernas sistemáticas de la calidad del cielo nocturno en sitios del territorio nacional, este trabajo es el comienzo de una serie de investigaciones sobre el conocimiento de la calidad del cielo nocturno en Cuba, utilizando tecnologías modernas.

Characterization of the quality of the night sky in places with astrotourism and astronomical potential in the Republic of Cuba

Abstract

The astro-tourism is a kind of eco-tourism that can become an important source of foreign currency for the country, this tourism is related in turn with the installation and development of astronomic modern observatories with investigating intentions that are objective of the visitors. In order to develop both tasks they take measurements that allow determining the quality of the night-time sky of reliable way in points of the national territory with potential astrotouristand or astronomic. However, they exist very few modern systematic measurements of the quality of the night-time sky in sites of the national territory, this work is the beginning of a series of investigations on the knowledge of the quality of the night-time sky in Cuba, using modern technologies.

1.Introducción

Un tercio de la población mundial no puede ver la Vía Láctea pues poseen un cielo totalmente contaminado, “Poder disfrutar de un cielo libre de contaminación lumínica se ha convertido en un deseo para muchas personas.” (Juárez Alcázar, 2017). Es por ello que el turismo científico y el astroturismo no solo debe considerarse una disciplina turística, sino también como un nuevo modo de proteger determinadas áreas naturales y los recursos contenidos en ellas.

Para el desarrollo de la actividad astroturística en Cuba y también para la instalación y explotación de telescopios ópticos, se necesitan mediciones modernas y sistemáticas que permitan valorar la calidad del cielo nocturno (astroclima) en diferentes puntos de interés del territorio nacional.

Por lo que constituye un problema la carencia de mediciones modernas y sistemáticas de utilidad que permitan valorar la calidad del cielo nocturno (astroclima) en diferentes puntos con potencial astronómico y astroturístico del territorio nacional. Esta investigación se propone dar continuidad al estudio de la calidad del cielo nocturno en Cuba.

1.Desarrollo

Para realizar Astroturismo y astronomía óptica es fundamental un requisito bien determinado: lugares con cielos limpios, oscuros, transparentes y con poca turbulencia en un elevado % de noches al año.

¿Cómo se define un cielo nocturno de alta calidad?

Cielos Despejados  60%	Se refiere al porcentaje de noches despejadas en el sitio. Mínimo 50% de noches despejadas. El porcentaje puede corresponderse solo con un periodo considerado, en cuyo caso, la certificación y publicitación del emplazamiento deberá especificar dicha singularidad.
Oscuridad del cielo  >21.4 mag/arcseg²	Contempla el grado de perturbación causado por la contaminación lumínica sobre las condiciones naturales de oscuridad de la noche en el emplazamiento. Fija el límite del brillo o resplandor producido en el cielo por la iluminación artificial que oculta la luz de las estrellas. Se establece una magnitud astronómica mínima de 21.4 en el visible (V).
Nitidez (seeing)  ≤ 1''	Se define como la capacidad de distinguir dos objetos celestes muy cercanos entre sí, tales como estrellas binarias. El límite aceptable para las Reservas Starlight implica que más del 50% de las noches este es mejor que 1'' en los puntos excelentes de la zona núcleo.
Transparencia  ≤ 0,15 mag	El grado de transparencia de un cielo está en relación con la calidad y características de la atmósfera y su nivel de absorción (extinción). Es un parámetro directamente relacionado con la cantidad objetos celestes que podemos ver. Un cielo oscuro y transparente estará lleno de estrellas. Se establece el umbral en más del 50% de las noches con una extinción en visible $V < 0.15$ mag.

*Parámetros calidad del cielo nocturno según la fundación Starlight,
fuente: FUNDACIÓN STARLIGHT, [https://fundacionstarlight.org/, 15 septiembre 2016]*

Son las condiciones del cielo nocturno que existen en los lugares donde se pueden instalar observatorios astronómicos profesionales, con valores bien definidos de oscuridad del cielo, nitidez, transparencia y cobertura nubosa anual. Estos parámetros han sido definidos por organizaciones internacionales que se ocupan de conservar y salvaguardar la pureza del cielo.

El Método de trabajo se basó en el uso del sitio web [lightpollutionmap](http://lightpollutionmap.org) que permite obtener valores puntuales de la radiancia en el cenit para unas coordenadas geográficas y altura sobre el nivel del mar dadas, a partir de la información telemétrica que brindan los sensores VIIRS a bordo del satélite SUOMI NPP de la NASA actualizados hasta el año en curso. Para determinar el grado de oscuridad del cielo se tomaron los siguientes valores:

- Mediciones de la luminancia del cielo en el cenit utilizando la base de datos SQM del atlas mundial de contaminación lumínica 2015 en mag./arcseg², mediciones de la luminancia del cielo en el cenit utilizando la base de datos SQM del atlas mundial de contaminación lumínica 2015 en mcd/m²
- Mediciones del brillo artificial (Luminancia artificial) del cielo nocturno utilizando la base de datos SQM del atlas mundial de contaminación lumínica 2015 en $\mu\text{cd}/\text{m}^2$
- Mediciones de la radiancia del cielo en el cenit utilizando los datos de telemetría del satélite SUOMI NPP con el sensor VIIRS 2019 en $\text{W}/\text{cm}^2 \cdot \text{Sr} \cdot 10^{-9}$

TABLA 1 BRILLO DEL CIELO EN EL CENIT EN SITIOS DEL TERRITORIO NACIONAL CON POTENCIAL ASTROTURÍSTICO Y ASTRONÓMICO DE LA REPÚBLICA DE CUBA (FUENTE:WWW.LIGHTPOLLUTIONMAP)

Zonas	Características Naturales	Oferta Ecoturística	Instalaciones Instalaciones Hoteleras	Coordenadas Geográficas y altura sobre el nivel del mar	Brillo del cielo en el Cenit Luminancia (SQM) (mag./arc sec ²) (Atlas 2015)	Brillo del cielo en el Cenit Luminancia (SQM) (med/m ²) (Atlas 2015)	Brillo Artificial del cielo en el Cenit ($\mu\text{cd}/\text{m}^2$) (Atlas 2015)	Ratio	Radiancia ($10^{-9}\text{W}/\text{cm}^2$ *Sr) VIIRS2019
Valle de Viñales	Una de las áreas más atractivas de Cuba, declarada Monumento Nacional Natural por sus valores paisajísticos. Forma parte de la Sierra de los Órganos en la provincia De Pinar del Río.	Desde los alojamientos salen un total de siete senderos ecoturísticos temáticos que presentan un grado de dificultad moderada y para todas las edades, donde se pueden visitar y observar la fauna, cuevas, comunidades locales, practicar trekking, montar a caballo, etc.	Los Jazmines	22.59629N 83.72372W 196m	21.91 Bortle <u>clase 2</u>	0.186	14.6	0.0853	0.92
Sierra del Rosario	Reserva de la Biosfera de la provincia del Pinar del Río. Uno de los más grandes orquidiarios de la isla. Se pueden observar aves endémicas, saltos de agua, etc.	Senderismo con guía especializado, cicloturismo y montañismo.	Las Terrazas	22.84646N 82.94143W 156m	21.70 Bortle <u>clase 3</u>	0.225	53.5	0.313	4.74
Gran Parque Natural Montemar	Situado en la Bahía de Cochinos, en la provincia de Matanzas, es una de las marismas más grandes y más importante del Caribe insular y hábitat para numerosas especies. Uno de los atractivos más destacables es la laguna del Tesoro, la más grande de Cuba.	Actividades de animación diurna y nocturna. Visitar el criadero de cocodrilos, el segundo del mundo, pesca, observación de aves con guías especializados, senderismo, montar a caballo, cicloturismo, contacto con las comunidades locales, actividades acuáticas. Centro Internacional de Observación de Aves etc.	Hostal Villa Rosita	22.25863N 81.21551W	21.92 Bortle <u>clase 2</u>	0.184	12.7	0.0740	0.18

Zonas	Características Naturales	Oferta Ecoturística	Instalaciones Hoteleras	Coordenadas Geográficas y altura sobre el nivel del mar	Brillo del cielo en el Cenit (SQM) (mag./arc sec ²) (Atlas 2015)	Brillo (mcd/m ²) (Atlas 2015)	Brillo Artificial del cielo (μcd/m ²) (Atlas 2015)	Ratio	Radiancia (10 ⁻⁹ W/cm ² *Sr) VIIRS2019
Valle de Yumurí	Cerca de la ciudad de Matanzas. Rodeado por montañas que son excelentes miradores. Elemento significativo la ermita de Montserrat. En este valle se ha cultivado caña de azúcar que se alterna en el paisaje con la palma real, árbol nacional de Cuba.	Desde el alojamiento salen dos senderos ecoturísticos en los que se puede practicar el senderismo, montar a caballo y ciclo turismo. Se pueden observar antiguos asentamientos aborígenes y la rica vegetación. Instalaciones antiestrés.	Hostal azul	23.05633N 81.59438W H=134m	20.20	0.897	726	4.24	2.25
El Parque Nacional Gran Piedra	Se encuentra dentro de los límites del Gran Parque Nacional Sierra Maestra. Sin lugar a dudas una de las áreas protegidas más representativas y con más atractivo y centro de atención de esta modalidad en Cuba. Acoge en su interior las montañas más altas de la isla, con una naturaleza exuberante y un alto endemismo.	Observación de flora y fauna, cicloturismo.	Motel La Gran Piedra	20.01511N 75.62012W H= 943m	21.77 Bortle <u>clase 3</u>	0.212	21.77	0.241	0.30
Varadero	Importante polo turístico internacional. Se encuentra en una de las provincias donde “la naturaleza ha estado más pródiga”. Interesante la combinación del verde de los bosques y el azul del mar.	Senderos ecoturísticos para descubrir entierros aborígenes y diferentes lugares de importancia histórica como el fuerte el Morrillo.	Hotel Internacional de Varadero	23.20066N 81.14973W H=8 m	20.11 Bortle <u>clase 5</u>	0.976	805	4.71	10.85

Zonas	Características Naturales	Oferta Ecoturística	Instalaciones Hoteleras	Coordenadas Geográficas y altura sobre el nivel del mar	Brillo del cielo en el Cenit (SQM) (mag./arcsec ²) (Atlas 2015)	Brillo (mcd/m ²) (Atlas 2015)	Brillo Artificial del cielo (μcd/m ²) (Atlas 2015)	Ratio	Radiancia (10 ⁻⁹ W/cm ² *Sr) VIIRS2019
Parque Natural Topes de Collantes y alrededores	Sierra del Escambray, uno de los tres principales sistemas montañosos de Cuba. Salto de Caburni, monumento nacional, de una altura de 62 metros.	Ascensión a la sierra de Escambray, observación del paisaje, flora y fauna, senderos interpretativos en el parque, senderismo, visita a cuevas, posibilidad de disfrutar de playas de arenas finas, pasear a caballo, ir en barca, etc.	Villa Calburni Kurhotel Escambray	21.91918N 80.01735W H=772m	21.89 Bortle <u>clase 3</u>	0.190	18.5	0.108	1.18
Parque Natural Cristóbal Colón	Región de Holguín. Donde también destaca La Caverna Tanque Azul.	Sendero del Peñón que se alza entre la bahía Naranjo y playa Esmeralda, donde se puede observar la rica flora y fauna de la zona. Se pueden visitar lugares arqueológicos y bellezas sumergidas.	Sol Río de Luna y Mares Sendero arqueológico o Las Guanas	21.09202N 76.00674W H=4m	21.77 Bortle <u>clase 3</u>	0.211	40.0	0.234	0.35
Reserva de la Biosfera Baconao	Forma parte del gran Parque Nacional de la Sierra Maestra. Esta reserva sobresale por sus valores naturales, históricos y culturales. Destaca el Museo Mesoamericano, el delfinario, el Valle de la Prehistoria y también sus playas, así como muchas atracciones para los visitantes, como parque de juegos, el museo de las Ciencias, acuario, el jardín del cactus, etc.	Senderismo, cicloturismo, montañismo, observación de paisaje, buceo contemplativo, senderos ecoturísticos.	Hotel Costa Morena	19.90033N 75.45648W H= 4m	21.92 Bortle <u>clase 2</u>	0.183	12.3	0.071	0.26

Zonas	Características Naturales	Oferta Ecoturística	Instalaciones Hoteleras	Coordenadas Geográficas y altura sobre el nivel del mar	Brillo del cielo en el Cenit (SQM) (mag./arc sec ²) (Atlas 2015)	Brillo (mcd/m ²) (Atlas 2015)	Brillo Artificial del cielo (μcd/m ²) (Atlas 2015)	Ratio	Radiancia (10 ⁻⁹ W/cm ² *Sr) VIIRS2019
Baracoa	La primera de las villas fundadas en Cuba, continúa siendo hoy el lugar paradisíaco que encontró Colón. De gran atractivo son el río Tóa, el río Jaguani, la bahía de Taco donde coexisten los más diversos ecosistemas.	Senderismo, información interpretativa con guías especializados, navegación fluvial, observación de flora y fauna. En esta zona Gaviota ofrece “cuatro días sumergidos en la espesura de este ecosistema y la garantía de inigualables experiencias”, donde se ofrece acampadas al natural y múltiples actividades como caminar por senderos interpretativos.	Las palmeras	20.37292N 74.51146W H=0m	21.81 Bortle clase 3	0.204	33.1	0.194	0.23

TABLA 2: LOS SITIOS MÁS OSCUROS DE CUBA(FUENTE:WWW.LIGHTPOLLUTIONMAP)

Zona	Lugar	Coordenadas Geográficas y altura sobre el nivel del mar	Brillo del cielo en el Cenit (SQM) (mag./arcsec ²) (Atlas 2015)	Brillo (mcd/m ²) (Atlas 2015)	Brillo Artificial del cielo (μcd/m ²) (Atlas 2015)	Ratio	Radiancia (10 ⁻⁹ W/cm ² *Sr) VIIRS2019
Extremo Oeste de Pinar del Río	Guanacabibes, Hotel Maria la Gorda	21.82349N 84.49407W H=12m	22.00 Bortle clase 1	< 0.171	0	0	0.16
Norte de Pinar del Río	Cerca de Manuel Sanguily	22.82493N 83.50098W H=15m	21.98 Bortle clase 2	0.175	3.34	0.0195	0.15
Provincia Mayabeque	Picadura	23.02924N 81.80486W H=184m	21.60 Bortle clase 4	0.248	76.9	0.450	0.39
Provincia Mayabeque	Sureste de Jaruco	22.98582N 81.98355W H=113m	21.64 Bortle clase 4	0.239	68.1	0.398	0.24
Sur de la Isla de la Juventud	Carapachibey	21.44318N 82.90114W H=5m	22.00 Bortle clase 1	< 0.171	0	0	0.15
Sur de Matanzas	Ciénaga de Zapata	22.17673N 81.32455W H=4m	21.99 Bortle clase 1	0.172	1.18	0.0069	0.13
Norte de Villa Clara	Santo Domingo	22.61290N 80.20075W H=58m	21.84 Bortle clase 3	0.199	27.6	0.161	0.19
Norte de Guantánamo	Parque Nacional Alejandro de Humbolt	20.35667N 74.82947W H=449m	21.98 Bortle clase 2	0.174	3.04	0.0178	0.13
Baracoa	Baracoa (Mata)	20.28925N 74.36554W H=20m	21.99 Bortle clase 1	0.172	1.29	0.0075	0.28
Este de Guantánamo	Este de Juaco	20.083943N 74.31562W H= 73m	22.00 Bortle clase 1	< 0.171	0.177	0.0010	0.14

Conclusiones

Existe contaminación lumínica en Cuba por lo que no es posible desarrollar actividad Astroturística y astronómica cerca de las mayores ciudades y los grupos poblacionales importantes. Esto se debe mayormente a los tipos de luminarias utilizadas en el alumbrado público y a su forma de instalación. El nivel de contaminación lumínica ha aumentado desde el 2015 hasta la fecha ante la carencia de leyes para la protección del recurso natural cielo oscuro, este estado de cosas contribuye al despilfarro de energía eléctrica y afecta la salud humana y a los ecosistemas.

Sólo en algunos lugares cercanos a instalaciones ecoturísticas el cielo nocturno tiene la oscuridad apropiada para desarrollar actividades astroturísticas, e incluso el deterioro de la calidad del cielo nocturno aumenta con el tiempo presumiblemente por la introducción de la iluminación pública LED como ha ocurrido en otros países.

Todavía quedan en Cuba sitios de cielo nocturno muy oscuro donde se podrían instalar telescopios ópticos con fines investigativos según las normas internacionales pero se encuentran en lugares recónditos de nuestra geografía, se necesitaría crear en esos lugares la infraestructura necesaria y concluir allí los estudios de astroclima para verificar la transparencia, nitidez y cobertura nubosa del cielo durante todo el año. En la tabla 2 se identifican los sitios más oscuros de Cuba donde se deberá continuar la exploración de los datos.

Referencias

- Bisikalo D. V. et al 2018: Perspectives for Distributed Observations of Near-Earth Space Using a Russian Cuban Observatory published in *Astronomicheskii Zhurnal*, Vol. 95, No. 6, pp. 389–400.
- Fundación Starlight 2015: Reservas Starlight. Parámetros relativos a la calidad astronómica del cielo nocturno. Disponible en: <http://www.fundacionstarlight.org>.
- González Díaz Danilo 2015: Estudio de calidad del cielo para observaciones astronómicas en Colombia. Observatorio Astronómico Nacional Facultad de Ciencias Universidad Nacional de Colombia Bogotá
- Hernández Hernández Enrique. La implementación del Plan Estratégico del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Cuba Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente 1 Año 7, No.13, 2007
- Juárez Alcázar, E. 2017: “Astroturismo: una nueva manera de mirar al cielo”, *Revista Fórum Calidad*, N°282, 42-50.
- Nello Andreu Marta: El ecoturismo como estrategia turística. El caso de Cuba Escola de Turisme i Oci, Universitat Rovira i Virgili mgna@fll.urv.es Revista de Geografia • 3 • 2004
- Pinzón Giovanni y otros: Análisis comparativo de seis lugares de interés para la ubicación de instrumentación astronómica en Colombia. Observatorio Astronómico, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, doi: <http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.290> Colombia Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat. 40(154):53-68, enero-marzo de 2016
- Trujillo Sánchez Gabriel 2013: Estimación de la cobertura nubosa sobre Cuba Centro de Pronósticos, Instituto de Meteorología