

BOLAS DE FUEGO EN EL CARIBE: BASES PARA FUTURAS INVESTIGACIONES

FIREBALLS IN THE CARIBBEAN: SETTING DIRECTIONS FOR FUTURE RESEARCH

Y. CEBALLOS-IZQUIERDO^{a†}, D. FREE^b, A. HUGHES^c, F. LUCENA^d, E. IRIZARRY^e, AND M.E. GRULLÓN^f

a) Biblioteca Digital Cubana de Geociencias, Calle 40, # 2702 e/27 y 29, Mayabeque, Cuba. yasmaniceballos@gmail.com [†]

b) Spalding Allsky Camera Network, Melbourne, Florida, USA

c) Florida Institute of Technology, 150 W University Boulevard, Melbourne, USA

d) Caribbean TLE Observatory, Cabo Rojo, Puerto Rico

e) Sociedad de Astronomía del Caribe, PO Box 8191, Caguas, Puerto Rico

f) Sociedad Astronómica Dominicana, Residencial Villa Jerez Edificio Laura M. XIII Apto 301 Don Honorio, Santo Domingo D.N, República Dominicana

[†] autor para la correspondencia

Recibido 30/06/2021; Aceptado 08/01/2022

En esta investigación se compilan los datos de 140 meteoros con material visual en línea de Cuba, Jamaica, Haití, República Dominicana y Puerto Rico, y se describen a continuación los más relevantes, históricos o recientes, incluyendo eventos que no aparecen en la base de datos en línea de bolas de fuego de la American Meteor Society.

In this investigation, relevant data of 140 meteors with visual online footage from Cuba, Jamaica, Haiti, the Dominican Republic and Puerto Rico are compiled, and the most significant, historical or recent, are reviewed, including records not listed in the American Meteor Society online fireball event database.

PACS: Astronomy databases (Bases de datos de astronomía), 95.80.+p; meteors (meteoros), 96.30.Za; meteorites (meteoritos), 96.30.Za.

I. INTRODUCCIÓN

Los meteoroides son partículas con un tamaño entre milésimas de milímetros y hasta varios metros que viajan alrededor del Sol en una variedad de órbitas y a distintas velocidades. Cuando estos cuerpos entran en la atmósfera terrestre, se vaporizan parcial o totalmente y producen un haz de luz puntiforme o estelar que se hace visible a los ojos. Este surco luminoso en el cielo se conoce científicamente como *meteoro* y popularmente como “estrella fugaz”, aunque los meteoros no son estrellas. La mayoría de los meteoros brillan sólo por unos segundos antes de quemarse, pero a veces alcanzan o superan el brillo del planeta Venus y presentan la apariencia de una bola de fuego o *fireball* [1]. Un bólido es una bola de fuego extremadamente brillante que explota a menudo con una fragmentación visible. Si algún fragmento sobrevive y golpea el suelo, entonces se habla de un *meteorito* [1]. Para el estudio de una bola de fuego es importante conocer su duración, tiempo, magnitud, y trayectoria. La magnitud aparente cuantifica el brillo del cuerpo celeste observado desde la Tierra y se denomina *magnitud visual* cuando es estimada por el ojo humano (nótese que se trata de una magnitud relativa, que puede tener valores positivos o negativos: el Sol, por ejemplo, posee una magnitud de aproximadamente -27) [2].

A lo largo de los siglos se han observado muchas bolas de fuego en todo el Caribe. Algunos casos históricos notables son: la explosión de un bólido cerca de Antigua (9 de noviembre de 1839), un gran meteoro sobre la isla de Santo Tomás (20 de marzo de 1821), una bola de fuego sobre las Indias Occidentales (20 de agosto de 1821) y un meteoro que estalló sobre Martinica (14 de noviembre de 1867) [3]. Las

primeras observaciones de meteoros en Cuba se realizaron en su mayoría en la segunda mitad del siglo XIX [4–11], pero más recientemente fueron reportados Eta Acuáridas y meteoros esporádicos [12], y los resultados de observaciones de una lluvia de meteoros geminadas desde la parte occidental de la isla [13].

En realidad, el registro de bolas de fuego de Cuba es poco conocido dentro y fuera de la isla. El tema recién ganó atención luego de la caída en Viñales (1 de febrero de 2019), el bólido de Holguín (19 de marzo de 2021) y la caída en Ramón de las Yaguas (10 de julio de 2021) [14]: en consecuencia, se han producido algunas publicaciones [14–18]. De hecho, las primeras estimaciones de trayectoria para un bólido cubano fueron sobre los eventos de Viñales y Holguín [14, 16, 18]. En cuanto a la caída del meteorito Ramón de las Yaguas, un testigo asegura haber visto la bola de fuego y su estela de humo, pero solo se dispone del registro sísmico de la explosión del bólido, captado en varias estaciones sismológicas [17]. Entonces, Ceballos-Izquierdo et al. [16] propusieron la necesidad de implementar una red muy básica de al menos dos cámaras para monitorear el cielo y registrar el paso de meteoros a través de la atmósfera.

Por otro lado, el registro de bolas de fuego de Puerto Rico es mucho más rico y más conocido, gracias al trabajo de difusión realizado por la Sociedad Astronómica del Caribe (SAC) y observadores aficionados. Además, se han registrado algunas bolas de fuego desde República Dominicana y Jamaica. Sin embargo, la información sobre todos estos eventos se encuentra dispersa y las publicaciones sobre el tema son escasas.

En esta investigación se compilan los datos de 140 meteoros

con material visual en línea de Cuba, Jamaica, Haití, República Dominicana y Puerto Rico, y se describen a continuación los más relevantes, históricos o recientes, incluyendo eventos que no aparecen en la base de datos en línea de bolas de fuego de la American Meteor Society (AMS). La información disponible se resume a continuación, como punto de partida para futuras investigaciones.

II. EVENTO DE CUBA

En Cuba hay reportes históricos del cruce de bolas de fuego, pero los datos son insuficientes para investigar a profundidad la mayoría de estos eventos [14]. También hay registros entre los años 2012 y 2022 en la base de datos de bolas de fuego de la AMS (Eventos 2206-2014, 414-2016, 1559-2016, 1497-2017, 4759-2018, 5025-2018, 5233-2018, 5955-2018, 513-2019, 1755-2021). Los eventos 1497-2017, 513-2019 y 4759-2018 ocurrieron sobre Florida (EE. UU.), no sobre Cuba. Con excepción de los eventos 513-2019 (Viñales) y 1755-2021 (Holguín), los otros registros son de pocos observadores, si hubieran sido meteoros muy brillantes, más personas los habrían visto.

Recientemente Ceballos-Izquierdo et al. [14] investigaron el bólido de Viñales y estimaron la trayectoria (Fig. 1) como una alternativa a Zuluaga et al. [14], por lo que dicho evento no se incluye en el siguiente listado.

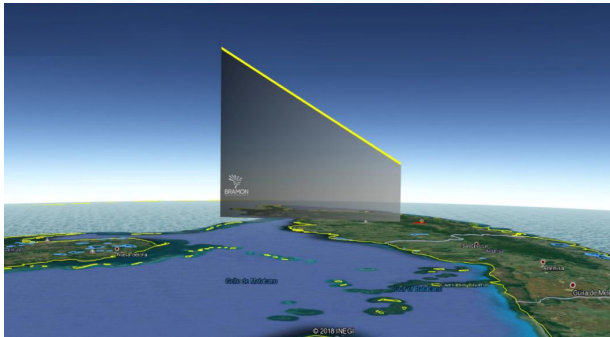


Figura 1. Trayectoria estimada para el bólido de Viñales (en amarillo). El bólido desapareció a una altura de ~23.3 km. (Imagen modificada de Ceballos-Izquierdo et al. [14])

Baracoa, 1867

Escasas referencias bibliográficas [10, 11] dan cuenta de un bólido que terminó impactando una parte de la iglesia parroquial de Baracoa, en la zona oriental, el 14 de agosto de 1833.

Morón, 1867

En la literatura se menciona la supuesta caída de un meteorito cerca de la localidad de Morón (provincia de Ciego de Ávila), en la noche del 24 de noviembre de 1867 [19]. Estos autores relatan la historia a partir de la narración de Caridad Recino, quien fue testigo presencial: “(. . .) el cielo se dividía por una ancha franja de fuego, lanzando sus partes laterales chispas y estrellas, siguiendo el bólido la dirección Norte en donde cayó con estrépito fantástico y resultando todo instantáneo, lo que produjo la alarma más grande ocurrida en Morón (. . .)”.

La bola de fuego aparentemente cruzó la ciudad en dirección norte y explotó provocando un terremoto.

La Habana, 1886

Viñes [8] señaló que el lunes 10 de mayo de 1886, aproximadamente a las 7:30 pm, los habaneros presenciaron desde el malecón de la ciudad de La Habana un objeto luminoso que se desplazó lentamente por el cielo, proveniente del norte. El hecho produjo tal conmoción, que las autoridades pidieron a Viñes, director del Observatorio de la ciudad, que publicara una nota explicando el fenómeno y en los dos días siguientes los principales diarios escribieron sobre el suceso para calmar a los habitantes. Basado en la narración de Viñes [8], Ramos-Guadalupe [20] sugirió una magnitud tentativa de -10 para esta bola de fuego y estimó que el objeto ingresó a la atmósfera a través de un punto ubicado en el Golfo de México, casi al norte de La Habana, con parte de su trayectoria sobre el área de la bahía.

Ramon de las Yaguas, 1891

Un bólido se avistó el 19 de junio de 1891, a las 6:00 am según aparece en la edición del 10 de julio de ese mismo año del Diario de la Marina [9]. La nota da cuenta de un brillante meteoro que terminó en una detonación que al parecer despidió algunos fragmentos. Testigos afirmaron la probable caída en Ramón de las Yaguas y un estallido que se sintió a una distancia de 60 millas e hizo que algunos pensarán en la explosión de una caldera de ingenio.

Ramon de las Yaguas, 1891

Un bólido se avistó el 19 de junio de 1891, a las 6:00 am según aparece en la edición del 10 de julio de ese mismo año del Diario de la Marina [9]. La nota da cuenta de un brillante meteoro que terminó en una detonación que al parecer despidió algunos fragmentos. Testigos afirmaron la probable caída en Ramón de las Yaguas y un estallido que se sintió a una distancia de 60 millas e hizo que algunos pensarán en la explosión de una caldera de ingenio.

Ocujal, 1935

El destacado naturalista Hermano León [21] reportó los testimonios del avistamiento de un bólido en Ocujal, al pie del Pico Turquino, probablemente en agosto de 1935. En la publicación se describe lo que parece ser el lugar de impacto.

Consolación del Sur, 2010

El 7 de junio de 2010, a las 10:40 pm, se observó una bola de fuego desde Consolación del Sur (Pinar del Río). Este evento se reportó en la prensa [22] y se citó a Efrén Jaimez-Salgado como testigo, quien indicó que un enorme y brillante bólido cruzó de norte a sur el cielo de Pueblo Nuevo, cerca de Consolación del Sur, dejando una enorme estela brillante de color blanco verdoso y unos segundos después se escuchó una detonación.

Calimete, 2013

Un fenómeno de luz no identificado cruzó el cielo de Calimete (Matanzas) a las 8:30 pm del 5 de febrero de 2013 y fue avistado por decenas de vecinos de la localidad [23]. Testigos describieron el evento como una fuente de luz rojiza que

descendió a gran velocidad, atravesando el pueblo desde el noreste, y luego provocó un sonido como una explosión.

Rodas, 2013

El 14 de febrero de 2013 se observó un bólido brillante desde varias comunidades de Rodas, Cienfuegos, hacia el centro de la isla [24]. El investigador Marcos Rodríguez-Matamoros describió el evento como un bólido pequeño, sin que se haya podido verificar la caída de un meteorito con el hallazgo de algún fragmento. Según Lobanovsky [25], la explosión del bólido ocurrió a una altura de 18 a 21 km. Los testimonios coincidieron en que hubo una luz muy intensa que alcanzó el tamaño de un autobús y explotó; incluso temblaron las ventanas y paredes de algunas casas tras la explosión. Estos testimonios apuntan a que probablemente este evento generó un registro sismológico, pero esos datos no están disponibles.

Holguín, 2021

El 19 de marzo de 2021, a las 10:06 pm, varias estaciones sismológicas registraron vibraciones que no correspondían a un sismo [17], al tiempo que se observó un fenómeno luminoso en las provincias orientales de la isla. Al día siguiente, la base de datos en línea de la AMS registró oficialmente el evento como 1755-2021, para una bola de fuego avistada desde Cuba, Jamaica y la costa oeste de Florida (EE. UU.). A partir de un video grabado en Kingston (Jamaica) y datos del GLM/GOES-16, Ceballos-Izquierdo et al. [16] estimaron que la roca espacial llegó a la atmósfera terrestre con un ángulo de $42,7^\circ$ con respecto al suelo y una velocidad de ~ 50000 km/h (Fig. 2). El bólido apareció a una altura de aproximadamente 65.5 km entre el pueblo de La Maya y Los Reynaldos y continuó durante 3.7 s en dirección norte hasta desaparecer a una altura de 30.4 km, al noreste de La Deseada [16]. Hasta el momento no se han encontrado meteoritos de este bólido.

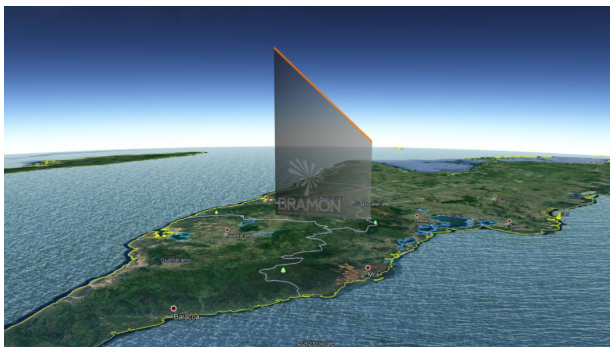


Figura 2. Trayectoria estimada para el bólido de Holguín (en naranja). El bólido desapareció a una altura de ~ 30.4 km. (Imagen modificada de Ceballos-Izquierdo et al. [14]).

III. ALGUNOS EVENTOS EN EL RESTO DEL CARIBE

Por razones de espacio, este trabajo solo presenta una breve descripción de los bólidos más notables, otros meteoros con registro en línea se listan en la Tabla ?? (materiales suplementarios).

Exceptuando el bólido del 19 de marzo de 2021 sobre Cuba (AMS #1755 – 2021), que se filmó desde Kingston, no

hay mucho material de archivo sobre meteoros avistados desde Jamaica. Sin embargo, existe información histórica muy interesante que refiere una lluvia de meteorito y el reporte de un bólido de alrededor del año 1700, probablemente el más antiguo documentado para el Caribe [26–28].

Para República Dominicana se han difundido reportes de distintos fenómenos luminosos en redes sociales, pero algunos de ellos corresponden a estelas de avión iluminadas por el sol, otros a lanzamientos de cohetes desde Cape Coral (Florida) y otros a reingresos de basura espacial.

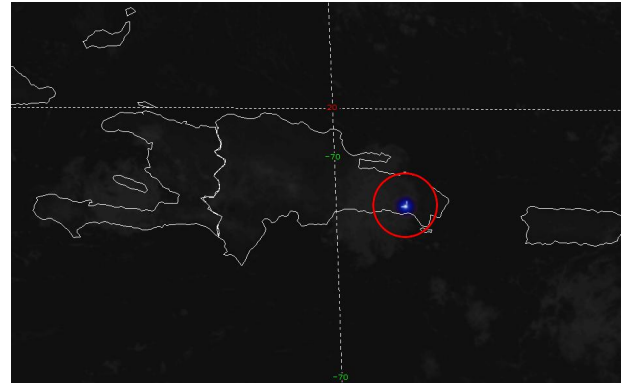


Figura 3. Bólido de República Dominicana del 21 de febrero de 2020 captado por el GLM. (Imagen GLM).

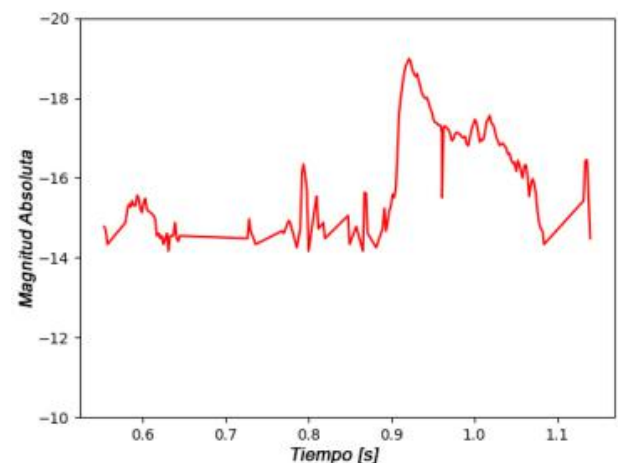


Figura 4. Curva de luz con magnitud absoluta calculada vs. tiempo del bólido del 21 de febrero de 2020 de República Dominicana.

Sin embargo, un caso bien llamativo ocurrió el 21 de febrero de 2020, cuando un bólido explotó sobre el sureste de República Dominicana, cerca de La Romana a las 07:30 UTC (Fig. 3). Las cámaras de la SAC en Puerto Rico y las cámaras para el monitoreo de huracanes en St. John (Islas Vírgenes de EE.UU.) capturaron el evento. Uno de los autores (FL) grabó un video desde Cabo Rojo, Puerto Rico, que sugiere que el bólido pasó sobre República Dominicana en dirección oeste-suroeste. En realidad, la trayectoria de los valores de latitud y longitud del satélite GLM sugiere que el bólido viajó de noreste a suroeste. Es probable que cayeran fragmentos en el agua, ya que el último de los destellos registrados en el GLM lo ubica frente a la costa, pero hay gran incertidumbre, ya que el error de ± 5 km es un error de proyección de mapa para los datos GLM [27], por lo que no se pueden descartar por

completo fragmentos en tierra. Desafortunadamente, no se pudo realizar una calibración astrométrica en ninguno de los videos disponibles y por lo tanto, no fue posible producir una trayectoria precisa. La Figura 4 muestra la curva de luz con magnitud absoluta calculada frente al tiempo, de la misma manera que Sankar et al. [29] y Hughes et al. [30]. La extensión temporal de la lectura de flash del GLM es de 0,586 segundos. La magnitud aparente máxima es de aproximadamente -19.

A diferencia de los otros territorios del Caribe, Puerto Rico tiene un largo registro visual de meteoros y bólidos que ofrece una gran oportunidad para realizar investigaciones sobre estos eventos. Además de observadores aficionados, una buena iniciativa es la Puerto Rico Night Sky Network, que incluye ocho cámaras Allsky en diferentes lugares de la isla. Las imágenes y videos desde las diferentes estaciones pueden ser consultados en el sitio web (<https://bit.ly/3gCRMM7>), mantenido por Héctor R. Santini, astrofotógrafo de la SAC.

Entre los eventos de Puerto Rico, uno de los más notables ocurrió el 8 de abril de 1989 a las 0526 UT, cuando un meteoróide de composición aubrítrica (~25 kg de masa inicial) produjo un bólido muy brillante (-10 de magnitud visual) de 4 segundos de duración que se observó desde al menos tres lugares en Puerto Rico [31,32] (Figura 5). La información se obtuvo con siete instrumentos diferentes y los cálculos preliminares indicaron que el bólido entró en la atmósfera con una trayectoria inclinada, de unos 32° desde la vertical, y fue luminoso desde 65 km de altitud a una velocidad de 15 km/s hasta 25,6 km de altitud y 1–2 km/s de velocidad. Hacia el final de la trayectoria observada, el bólido explotó en al menos cuatro fragmentos [31,32].



Figura 5. Bólido AIDA capturado desde el Observatorio de Arecibo (Puerto Rico) el 8 de abril de 1989 a las 05h26m UT (Foto cortesía de David Meisel).

El 22 de junio de 2019, cerca de las 5:20 p.m., una roca de alrededor de 5 m explotó en la atmósfera sobre las aguas del Caribe, 170 millas al sur de Puerto Rico. Los telescopios de exploración ATLAS y Pan-STARRS de la Universidad de Hawai pudieron identificar este pequeño asteroide (2019 MO) antes de que ingresara a la atmósfera de la Tierra, lo que demuestra que pueden usarse para anticipar impactos. La ruta estimada de 2019 MO fue de este a oeste con la entrada al sur de Puerto Rico, según las observaciones de los telescopios. Este evento no está registrado en la base de datos de bolas de fuego de la AMS, ya que no hay reportes de observadores. Sin embargo, el bólido fue detectado por el satélite GLM y

los satélites del Departamento de Defensa de EE.UU. que estimaron una energía de 6 kilotones. Por eso es el tercer bólido más significativo registrado en el Caribe y en las cercanías de América del Norte desde que los sensores del gobierno de EE.UU. comenzaron a reportar bólidos en 1988. Se estimó que los meteoritos de este evento terminaron en el lecho marino a una profundidad de ~4,8 km [33].

Un pequeño asteroide ingresó en la atmósfera al norte de Puerto Rico alrededor de las 5:30 p.m. del 17 de enero de 2020, lo que permitió a muchos presenciar esta bola de fuego diurna desde gran parte de la isla. Poco después, los usuarios comenzaron a publicar videos e imágenes en redes sociales y muchos reportaron un fuerte estruendo. Una estela permaneció visible durante varios segundos, hasta tres minutos, informó un observador. La base de datos de bolas de fuego de la AMS registró el evento como 2020-338 con 33 reportes hasta el momento, el más distante proveniente de la isla de Anguila.

La entrada de esta roca espacial a la atmósfera fue detectada por los satélites meteorológicos y las estaciones de infrasonidos de NOAA en las Islas Bermudas, y los datos obtenidos indican que se trataba de un pequeño asteroide que se movía a una velocidad de alrededor de 15.5 km/s. La bola de fuego también fue detectada por sensores del gobierno de EE. UU., que publicaron las coordenadas 19,4° N, 66,0° W y una energía de 0,29 kilotones.

IV. CONCLUSIONES

Aunque no hay muchas cámaras instaladas para monitorear bolas de fuegos en el Caribe, existe un registro histórico importante que merece más atención. Los datos muestran que estos eventos no son tan infrecuentes como se piensa. Aparentemente, el territorio con el registro más escaso es Haití, con solo una entrada de una bola de fuego registrada en CNEOS.

La implementación de un sistema de observación de meteoros para monitorear el cielo, es algo que debería aplicarse en Cuba y en otras islas del Caribe, y aprovechar el potencial que ofrecen las cámaras instaladas en Puerto Rico. Tales iniciativas podrían integrarse en el futuro con la Global Meteor Network (<https://globalmeteornetwork.org/>) que actualmente no tiene cámaras en el Caribe.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Luis E. Ramos Guadalupe por proporcionar periódicos antiguos con reportes históricos de meteoros cubanos. David Meisel proporcionó literatura y fotografías del bólido AIDA. Mark Sudduth y Brent Lynn enviaron imágenes e información sobre el bólido del 21 de febrero de 2020 sobre el sureste de República Dominicana. Rafael Emmanuelli Jiménez, Observatorio Orocovix y Gastón Junca Vega proporcionaron imágenes originales de meteoros sobre Puerto Rico.

REFERENCIAS

- [1] D. Koschny, J. Borovicka, *Journ. Intern. Meteor Organ.* **45**, 91 (2017).
- [2] H. Karttunen, P. Kröger, et al., *Fundamental Astronomy*, (Springer, 2003).
- [3] R.P. Greg, *Proc. XIIIth Meet. British Assoc. Advanc. Sci.*, 48 (1861).
- [4] R. De la Sagra, *Comptes Rendus LXIV*, 232 (1867).
- [5] A. Poey, *Versalles*, (1862).
- [6] A. Poey, *Comptes Rendus* **58**, 119 (1864).
- [7] M. Rodríguez-Ferrer, Madrid, Imprenta de J. Noguera, (1876).
- [8] R. Viñes, *Enciclopedia* **2**, 238 (1886).
- [9] Anónimo, *Diario de la Marina*, Año LII, 10 de julio, (1891).
- [10] E. De las Cuevas, *Taller Tipográfico "La Crónica"*, Baracoa, Tomo I (1919).
- [11] J.I. Lores, *Edit. Arte Lit.*, La Habana, (1977).
- [12] R. Lunsford, *Journal Assoc. Lunar Planet. Obs.* **39**, 37 (1995).
- [13] A.P. Kartashova, V.B. Puzin, A.A. Díaz, R.Z. Estrada, *INASAN Science Rep.* **4**, 294 (2017).
- [14] Y. Ceballos-Izquierdo, J. Orihuela, G. Goncalves, et al., *Miner. Slov.* **53**, 131 (2021).
- [15] Y. Ceballos-Izquierdo, *Juventud Técnica* **422**, 4 (2021).
- [16] Y. Ceballos-Izquierdo, C.A Di Pietro, M. Zurita eMetN **6**, 555 (2021).
- [17] M. Iturralde-Vinent, E.D. Arango-Arias, *Rev. Maya Geoc.* **4**, 37 (2021).
- [18] J.I. Zuluaga, P.A. Cuartas-Restrepo, J. Ospina, M. Sucerquia, *Month. Notic. Royal Astron. Soc. Lett.* **486**, L69 (2019).
- [19] F. Naranjo, R. Aguilar, *Rev. Síntesis*, (1941).
- [20] L.E. Ramos-Guadalupe, *Datos Astron. Cuba*, 89 (2004).
- [21] H. León, *Rev. Soc. Geog. Cuba IX*, 13 (1936).
- [22] O. Peláez, (2010), (<https://bit.ly/3F2it89>).
- [23] J.M. Solís-Díaz, (2013), (<https://bit.ly/3F5xvdf>).
- [24] Y. Ceballos-Izquierdo, *An. Acad. Cienc. Cuba* **9**, 1 (2019).
- [25] Y.I. Lobanovsky, (<http://www.synerjetics.ru/article/history.htm>).
- [26] H. Barham, *Philos. Trans.* **30**, 837 (1717-1719).
- [27] Ch. Darwin, *Journal of Researches into the Geology and Natural History of the Various Countries visited by H. M. S. Beagle*, (London, 1840).
- [28] M. Hall, *Nature* **39**, 368 (1889).
- [29] R. Sankar, C. Palotai, R. Hueso, et al., *Month. Notic. Royal Astron. Soc. Lett.* **493**, 4622 (2020).
- [30] A. Hughes, R. Sankar, K.E. Davis, et al., *Meteor. & Planet. Scien.*, (2022).
- [31] V.S. Getman, J.D. Mathews, Y.T. Morton, et al., *LPI Contrib.* **765**, 73 (1991).
- [32] D.D. Meisel, V.S. Getman, J.D. Mathews, S.C. Jacobs, *Icarus* **116**, 227 (1995).
- [33] P. Matlovič, L. Kornoš, M. Kováčová, et al., *Astron. & Astroph.* **636**, A122 (2020).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0, <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) license.

