



Núm. 28 - Julio Agosto 2021 - ISSN 2605-2946

[www.revistameteoritos.es](http://www.revistameteoritos.es)

# Meteoritos

Geología Planetaria - Química Asteroidal - Petrografía - Geoquímica - Investigación - Cuerpos Menores  
**Publicación científica sobre Ciencias Planetarias**

## **El cráter de BAJO HONDO.**

Maximiliano Rocca.

## **TRINITY, 76 años después.**

Editorial.

## **NWA 14005, la nueva roca lunar.**

José García.



**AVISO LEGAL;**  
Revista METEORITOS no se responsabiliza de la opinión ni de los contenidos de los artículos firmados, ni mantiene correspondencia sobre los artículos no solicitados.

REVISTA METEORITOS se reserva todos los derechos de reproducción total o parcial por cualquier medio gráfico o electrónico del contenido de METEORITOS. © MCM, 2021/31. All Right Reserved. Se reconocen los derechos de propiedad intelectual de los autores firmantes.

Revista digital bimensual editada por **Meteorites Lab.**  
P.O. Box 3. Agüimes 35260. Las Palmas, España.  
**Dirección técnica;** José García.  
**Dirección editorial;** Sonia Pérez.  
**Diseño y maquetación;** Justo P. Aguado.  
ISSN; 2605-2946.

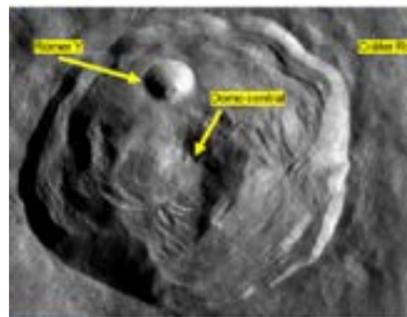
Política de **Publicidad;**  
Consulte condiciones para publicidad comercial escribiendo a nuestro e-mail. Se permite la publicación de eventos, actividades, cursos y similares, así como particulares de empresas relacionadas con la temática. El alcance medio de la edición digital oscila entre 6000 y 10000 lectores de todo el mundo y habla hispana. Puede solicitar condiciones para su publicación a nuestro correo electrónico.

Suscríbete y sigue la revista desde nuestra web en [www.revistameteoritos.es](http://www.revistameteoritos.es)  
Recíbela gratis en PDF.

## Sumario



**LABORATORIO. Clasificada NWA 14005, Nueva Lunar** .....Pág. 16



**INVESTIGACIÓN. Rocas Calientes, Regolito Frío** .....Pág. 48

**EDITORIAL. Tragedia humanitaria.** ..... Pág. 3

**NOTICIAS DEL ESPACIO.** ..... Pág.4

**Preguntas de los lectores.** ..... Pág.10

**PIEZAS DEL MUSEO. NWA 14005.** ..... Pág.14

**ACTUALIDAD. Trinity, 76 años después.** ..... Pág. 22

**CRATERES DE IMPACTO. Bajo Hondo.** ..... Pág.28

**HISTORIA. Una pequeña historia para NASA...** ..... Pág.46

**COMETOGRAFÍA. 21 / Borisov.** ..... Pag. 60

**CIENCIA INFANTIL. Las Constelaciones.** ..... Pág.66



## Editorial

### Acabar para empezar de nuevo.



Queridos amigos y lectores:

Al lanzamiento de esta revista, es mi más sincero deseo que todos se encuentren bien de salud, en medio de esta pandemia que seguimos atravesando. Parece que vamos viendo luz al final del túnel, y nos encontramos en un momento extremadamente delicado y crucial en esta histórica situación que estamos viviendo.

Una vez más, la ciencia, como no podía ser de otra manera, nos sacará de este problema internacional. Y sin embargo, con gran dolor en el corazón estamos viendo que las entidades científicas no son bien miradas ni se las considera como deberían serlo. Hemos sido testigos de final de muchas de ellas.

En este lamentable final también el Museo Canario de Meteoritos se ha visto en la obligación de cesar su actividad. Sin embargo esta revista seguirá adelante gracias al esfuerzo y la colaboración desinteresada de muchos investigadores, y gracias a que desde el inicio se diseñó como una publicación gratuita y digital.

Por mi parte, como investigador independiente en el campo de las ciencias planetarias, he tomado la decisión de asumir el laboratorio, en el que de nuevo volvemos a abordar el análisis y la clasificación de nuevos meteoritos, y por supuesto, a la preparación de muestras de investigación, gracias a la colaboración que se ha establecido con algunas entidades.

De esta forma, vemos el final de una etapa como el origen de otra nueva que sin duda también seguirá las directrices marcadas desde el principio.

Y prueba de ello es el contenido que disfrutamos en este número de la revista. En él nos volvemos a deleitar con el impresionante trabajo de investigación del equipo del Dr. Bartali sobre cráteres lunares. Un artículo exquisito, sin duda.

Y mientras aquí concluimos exitosamente la clasificación de un nuevo ejemplar de roca lunar, en la Argentina avanzan el estudio de un posible nuevo cráter de impacto; Bajo Hondo. Nos lo cuenta su principal investigador, nuestro

querido compañero Maximiliano Rocca.

Las Misiones Apolo a la Luna fueron un hito para la historia de la humanidad, y las escaramuzas del mundo en torno a ellas, nos dejan valiosas perlas que forman ya parte de la historia documental de poblaciones y naciones. Les traemos una de ellas. El contacto epistolar de una hermandad pozoalbense con la NASA bajo la invocación de su titular, la Virgen de la Luna. En ocasiones, ciencia y creencias se dan la mano.

Una perla documental que ahora, con el reconocimiento de la NASA, cobra envergadura internacional y que dio origen, sin duda, a un lugar de "peregrinación" museística para los amantes del espacio.

Desde estas páginas, todo el equipo de colaboradores y técnicos de la Revista METEORITOS les desean que pasen un buen verano (o invierno, a los lectores del hemisferio austral).

Volveremos a aprendernos en septiembre, con el inicio del curso escolar. Hasta entonces, salud y cielos claros a todos, para que disfruten de las Perseidas.

*José García*  
José García. Director técnico.

MUSEUMS  
MUSEUMS OF THE WORLD



# La Huella de Orisis-REx



Una de las más ambiciosas misiones de recuperación de material asteroidal la está llevando a cabo la Agencia Espacial NASA. Para ello, envió la sonda OSIRIS-REx que tras millones de kilómetros al encuentro del asteroide, completó su misión con éxito.

Y fue el pasado 7 de abril, durante el último flyby sobre el asteroide, que la nave tomó fotografías de la región donde muestreó el mismo, revelando las secuelas de tal hazaña sobre la superficie.

El pasado 20 de octubre de 2020, la nave voló a 3.7 kilómetros del asteroide, la distancia más cercana alcanzada desde el evento de recolección de muestras en el que el cabezal de muestreo perforó hasta 48,8 centímetros la superficie de Bennu al tiempo que disparaba una carga de gas nitrógeno

no presurizado para remover el material y dirigir parte del mismo a la cámara de recolección de muestras.

Después de la recolección, los propulsores de la sonda entraron en acción para alejarla del asteroide, produciendo también la remoción de material asteroidal.

Las imágenes tomadas muestran la depresión producida por la intervención de OSIRIS-REx, que dejó expuesto un fondo de materiales prístinos altamente reflectantes, y muchas rocas de menos de un metro removidas alrededor de la zona.

Los científicos al cargo de la misión notaron que una de las rocas, de 1.25 metros de diámetro y cerca de una tonelada de peso, fue removida durante la maniobra de recolección de muestras, y desplazada hasta

*Asteroide Bennu. ►  
Detalle del cráter dejado por la sonda en la misión de muestreo.*

12 metros de su emplazamiento original.

OSIRIS-REx permaneció cerca de Bennu hasta el pasado 10 de mayo, fecha en la que la misión estableció su retorno a la Tierra, que le tomará dos años. Cuando se encuentre cerca de la Tierra, la nave arrojará la cápsula de retorno de muestras, que atravesará la atmósfera y aterrizará, asistida de paracaídas, en el

campo de pruebas y entrenamiento de Utah el próximo 24 de septiembre de 2023.

La recuperación de la cápsula correrá a cargo de la Agencia Espacial, y será transportada hasta el Centro Espacial Johnson de la NASA, en Houston, donde se extraerán las muestras para su distribución a laboratorios de todo el mundo en aras de analizarlas y estudiar el

origen y formación del sistema solar.

Así mismo, la NASA pretende conservar intacto el 75% de las muestras recolectadas en Bennu para que puedan ser estudiadas en el futuro con nuevas tecnologías que se descubran.



METEOROS Y METEORITOS.NET

PATROCINADOR DE LA REVISTA  
Síguenos en Facebook.

[www.facebook.com/meteorosymeteoritos.net](http://www.facebook.com/meteorosymeteoritos.net)



## No, no ha caído un meteorito en la escuela

Cuando la economía aprieta, se agudiza el ingenio, y esto es lo que en estos tiempos de pandemia está ocurriendo en muchas partes del mundo. Se disparan las ventas de falsos meteoritos, introducen toneladas de falsos vidrios del desierto y tectitas en el mercado, venden piedras y desaparecen con el dinero del comprador sin dejar rastro...

En esta ocasión hemos despertado con la noticia de que un presunto meteorito había caído sobre una escuela, y lo mejor de todo, con testigos visuales!!

Una historia bien amarrada, inventada sin escrúpulos en la que además, cometieron en gran error del siglo; publicar unas fotos del presunto meteorito. Aquí es donde se han disparado todas las alarmas de la comunidad internacional en

la que científicos y expertos no han dudado en calificar la historia de un "burdo fraude sin credibilidad alguna".

Con esto, la historia está zanjada definitivamente, ya que no, no ha caído ningún meteorito en ninguna escuela, ni los testimonios citados ofrecen credibilidad ni peso científico, y mucho menos las imágenes filtradas del presunto y fraudulento meteorito.

Para otros investigadores sin embargo, es posible que se hayan escuchado sonidos, o visto algún bólido en el cielo y que simplemente se haya confundido erróneamente y se haya producido una asociación del fenómeno con alguna piedra negra hallada en las cercanías, sin mayor interés. Así se han documentado casos en otros momentos de la Historia.

Desde estas líneas también aprovechamos la ocasión para denunciar y advertir a la comunidad de coleccionistas que se anden con extremo cuidado a la hora de adquirir nuevos meteoritos, que no duden en solicitar la acreditación documental de que las piezas son auténticas y han sido estudiadas, analizadas o clasificadas.



  
UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS  
DE GRAN CANARIA

Ahora **METEORITOS** también disponible a través de JABLE, Archivo de prensa digital de la Biblioteca de la **UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA**  
Acceso a través de <https://jable.ulpgc.es/meteoritos>



## Nuevos estudios sobre el Asteroide 16 PSYCHE

¿Se imaginan una piedra cuyo valor supere los 10.000 cuatrillones de dólares? Eso al menos llevan sugiriendo los medios de comunicación desde que los científicos mostraron interés en el asteroide 16 Psyche, al que consideran el núcleo metálico de un protoplaneta primitivo que ahora permanece expuesto como un mero asteroide orbitando alrededor del Sol. Si este origen fuera cierto, los científicos tendrían la oportunidad de estudiar directamente el núcleo de un cuerpo formado en los inicios del Sistema Solar y cuya historia fue muy diferente a la de los actuales planetas y planetoides.

Su composición fue otro de los intereses, no solo para los científicos, sino como posible futuro de misiones de minería espacial, ya que se considera formado

por hierro, níquel y otros metales valiosos.

Pero lo cierto es que una nueva investigación llevada a cabo por científicos de la Universidad de Arizona ha sugerido que este asteroide podría no ser tan denso como se pensaba, y que su historia es muy diferente a la que se pensaba hasta ahora.

Ahora, la NASA se prepara para enviar una nueva misión a este asteroide que partirá de la Tierra en 2022 y alcanzará su objetivo asteroidal en 2026.

Según el equipo de científicos de esta universidad, liderados por David Cantillo, y cuyo trabajo ha sido publicado en *The Planetary Science Journal*, el asteroide Psyche estaría formado por un 82.5% de metales, 7% de piroxenos bajos en hierro y hasta un 10.5% de

material similar a las condritas carbonáceas, muy probablemente como parte de la contaminación asteroidal recibida del exterior sobre su superficie.

De la misma manera, los científicos consideran que la densidad aparente del asteroide, a la que también se la conoce como porosidad, es decir, la cantidad de espacios vacíos o poros que existen en la masa del mismo, se estima en alrededor del 35% de su volumen.

Estos estudios contrastan profundamente con las estimaciones anteriores que se tenían de la composición de Psyche y que concluía con que hasta el 95% de su volumen eran metales y por tanto era un cuerpo mucho más denso.

Esta notable diferencia en los datos es relevante, ya que lleva a los científicos a considerar que este asteroide está mucho más modificado de lo que se pensaba en un principio.

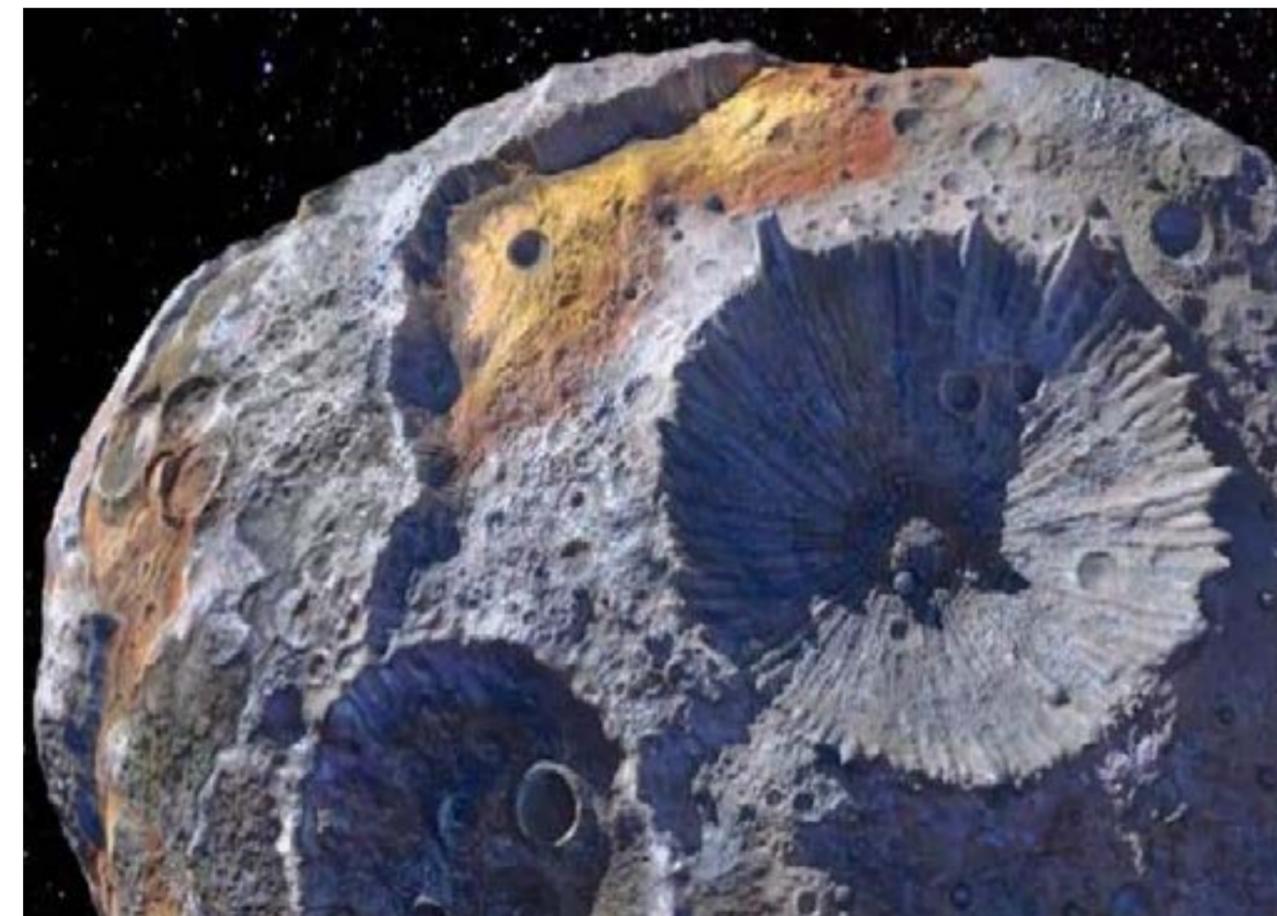
Y esto conllevaría también a modificar la calificación que se le dio al asteroide, puesto que no podría tratarse de un núcleo intacto expuesto procedente de algún protoplaneta primitivo, sino que podría ser una simple pila de escombros al más puro estilo Bennu. Las mediciones que continúan haciendo, siguen aportando los mismos datos y la misma conclusión.

Con sus 210 kilómetros de largo, el asteroide 16 Psyche, descubierto en 1852, se considera po-

seedor de hasta un 1% del total de masa del cinturón principal de asteroides.

“Tener un contenido metálico más bajo de lo que se pensaba significa que el asteroide podría haber estado expuesto a colisiones con asteroides que contienen las condritas carbonáceas más comunes, que depositaron una capa superficial que estamos observando”, dijo Cantillo.

Se calcula que el valor del metal hierro contenido en este asteroide alcanzaría los 10.000 billones de dólares, aunque las nuevas estimaciones en base a estas investigaciones podría suponer un notable descenso en el valor económico del metal asteroidal.



## Preguntas de los lectores

### ¿A QUIÉN PERTENECEN LOS METEORITOS DEL SAHARA Y DE LA ANTÁRTIDA?

Estimado lector.

Esta es una interesante pregunta. Los meteoritos, como todos los recursos geológicos son gestionados por las leyes de cada nación. Si bien sabemos que en gran parte de los países del Sáhara las leyes prohíben la exportación de sus recursos sin autorización gubernamental, hay otros que no las tienen, y por tanto, los meteoritos encontrados pertenecerían en primera instancia a quien los encuentra.

En base a esa propiedad, puede hacer lo que estime más oportuno si no hay ley que lo prohíba. Puede tenerlo, venderlo, cederlo o exportarlo.

Caso diferente son los meteoritos antárticos, ya que al ser un continente que aunque las solicitudes de soberanía sobre parte de los territorios antárticos llevadas a cabo por Reino Unido, Nueva Zelanda, Francia, Australia y Noruega han sido aceptadas mutuamente,

técnicamente la Antártida no tiene dueño en la actualidad, se considera un espacio libre y abierto a la ciencia internacional. De esta manera, los meteoritos recuperados en las expediciones Antárticas pertenecerían a los Gobiernos que gestionan dichas expediciones.

Sabemos también que esos meteoritos debido a su grado de conservación extrema son las mejores muestras de astromateriales que tenemos.



### ¿EXISTEN METEORITOS AÚN DESCONOCIDOS?

Estimado lector.

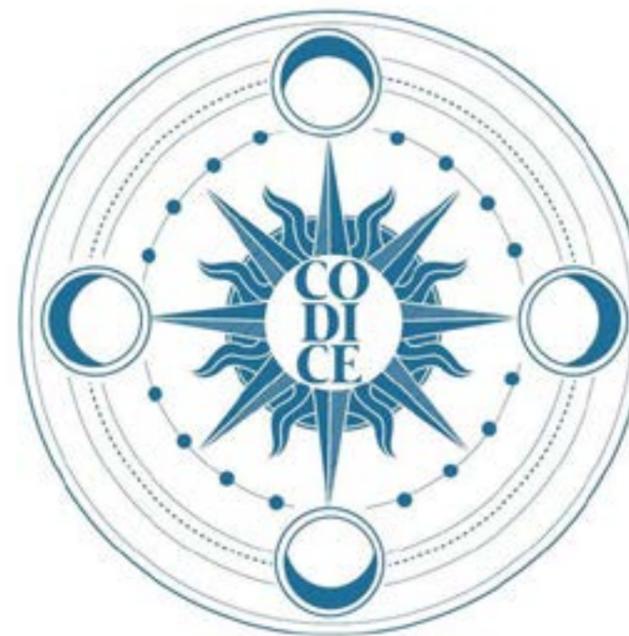
Hasta la actualidad, y desde hace unos años, la ciencia ha sido capaz de organizar el vasto legajo que eran los meteoritos hasta hace apenas unas décadas. En esta ordenación se han establecido familias, grupos y grouplets de distintos tipos.

Sin embargo también estamos encontrando infinidad de nuevos meteoritos que se escapan de esos grupos establecidos. Son los llamados inagrupados. Nada tienen éstos que ver con los anómalos, que aunque se les reconoce un tipo concreto, manifiestan algún tipo de característica fuera de sus patrones normales.

Los inagrupados son aquellos que no pueden ser definidos en los grupos, y que por tanto, es posible que en algún momento formen grupos nuevos. Con esto, la respuesta a tu pregunta es evi-



dente. Sí, no hay duda alguna de que aún están por encontrarse meteoritos de tipos tan o más desconocidos como los inagrupados que ya han sido identificados, y que nos ofrecen una perspectiva abierta de la inmensa diversidad geológica y química del Sistema Solar.



COMITÉ PARA  
LA DIVULGACIÓN DE  
LA CIENCIA Y  
EL ESPACIO

Patrocinador de  
la revista  
**METEORITOS**

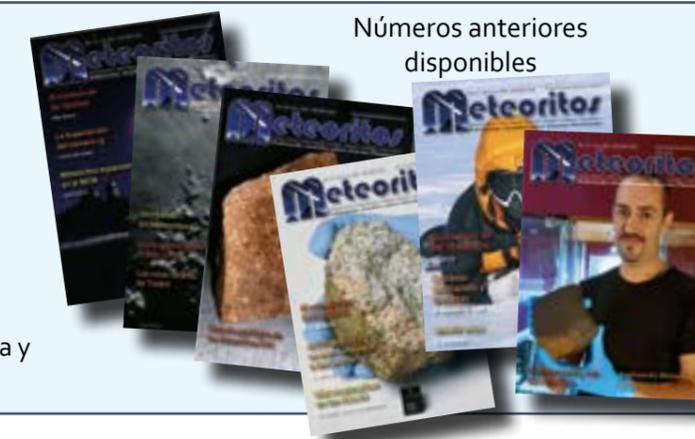
[www.facebook.com/comitedivulgacioncienciayespacio](http://www.facebook.com/comitedivulgacioncienciayespacio)

**Meteoritos**  
Revista Científica del MCM

**SUSCRÍBETE**  
a nuestra revista en PDF.

Entra en la web, y suscríbete gratis.  
[www.revistameteoritos.es](http://www.revistameteoritos.es)

La mejor forma de estar informado en meteorítica y ciencias planetarias.



Rogamos a nuestros lectores y colaboradores, que para acelerar la posible publicación de los trabajos que nos deseen hacer llegar, pueden enviarlos a la redacción a través del correo electrónico que aparece en los contactos; [direccion@museocanariodemeteoritos.com](mailto:direccion@museocanariodemeteoritos.com) antes del día 15 del mes anterior a la publicación.

Todos los trabajos serán revisados por el equipo técnico, sugiriendo su corrección al autor, para garantizar la veracidad de los datos publicados.

Más información, suscripciones, colaboración, etc, en nuestra página web [www.revistameteoritos.es](http://www.revistameteoritos.es) o a través de las redes sociales y en [www.museocanariodemeteoritos.com](http://www.museocanariodemeteoritos.com)

Revista científica dedicada al mundo de la investigación y divulgación científica en el ámbito de la Astronomía, Meteoritos y cuerpos menores, Ciencias Planetarias, Geoquímica, Petrografía, didáctica y aplicación de estas ciencias en el ámbito escolar y académico, agenda de actividades y eventos científicos.

Portada; Meteorito NWA 14005, masa principal, conservado en el laboratorio petrográfico METEORITES LAB.

**¿Has publicado tu LIBRO?**

Ahora, promociónalo en la revista. Haz que miles de lectores lo conozcan.

Contáctanos:  
[direccion@museocanariodemeteoritos.com](mailto:direccion@museocanariodemeteoritos.com)

Ahora con cada número de la revista ofrecemos en venta un meteorito único, de gran rareza, certificado.

En este número;

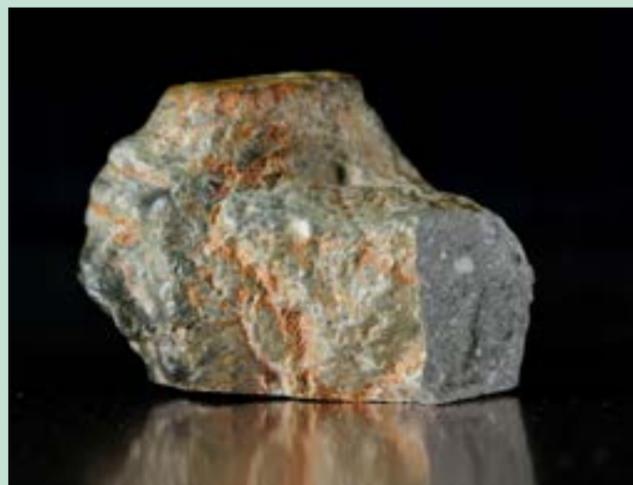
**NWA 12965**  
 Sergottita Marciana  
 17,99 gramos

**PRECIO OFERTA**  
 1550 €

Precio Habitual  
 1900 €

[direccion@museocanariodemeteoritos.com](mailto:direccion@museocanariodemeteoritos.com)

Oferta válida hasta el 31 agosto 2021 o hasta su venta. Solo un ejemplar disponible.



## NWA 14005

### Información básica

Nombre: NORTHWEST AFRICA 14005.

Este es el nombre oficial del meteorito.

Abreviatura: NWA 14005.

Caida observada: No.

Año de hallazgo: 2020.

País: Argelia

Masa: 15 gramos.

### Historia de la clasificación:

Recomendada: Lunar (feldsp. brecha).

### Redacción en MB 110:

Northwest Africa 14005 (NWA 14005)

Argelia

Hallazgo: 2020

Clasificación: Meteorito Lunar (brecha feldespática)

**Historia:** Adquirida en 2020 por José García de Khaled Zed, quien previamente encontró el ejemplar en Argelia.

**Características físicas:** Roca única de color gris cubierta por barniz del desierto. Conserva una pequeña parte de la costra erosionada. El interior está compuesto de clastos grises oscuros y claros, con venas de fusión visibles a través de la matriz.

**Petrografía:** (Jose Garcia, MCM; D. Sheikh, Cas-

cadia) Este espécimen es una brecha compuesta principalmente de clastos de anortita sub-angulares a sub-redondeados (sobre 1.5 mm) y fragmentos aislados minerales de olivino y piroxeno dentro de una matriz de grano fino que contienen áreas interconectadas de venas fundidas por choque y cantidades traza de ilmenita y troilita. La abundancia modal estimada es; plagioclasa anortita (90%), Olivino (3%), Piroxeno (3%), Venas de choque (3%), Opacos (1%).

**Geoquímica;** Olivino (Fa $33.9 \pm 3.5$ , oscilando Fa $30.9-37.8$ , Fe/Mn= $72 \pm 4$ , n=5), Low-Ca piroxeno (Fs $42.1 \pm 1.5$ Wo $0.8 \pm 0.1$ , oscilando Fs $41.0-43.2$ Wo $0.7-0.8$ , Fe/Mn= $50 \pm 4$ , n=2), Pigeonita (Fs $28.7 \pm 3.2$ Wo $17.7 \pm 2.7$ , oscilando Fs $23.4-35.2$ Wo $14.9-21.9$ , Fe/Mn= $53 \pm 5$ , n=10), Augita (Fs $21.0 \pm 4.0$ Wo $32.0 \pm 4.6$ , oscilando Fs $16.9-24.8$ Wo $27.9-37.0$ , Fe/Mn= $53 \pm 6$ , n=3), Plagioclasa (Ang $6.0 \pm 0.5$ , oscilando Ang $4.8-97.0$ , n=36).

**Especímenes:** 3.04 g y una sección delgada en Cascadia; masa principal (11.8 g) con Jose Garcia en MCM.

Fecha: 2020  
Masa (g): 15  
Piezas: 3  
Clase: Lunar  
Clasificador: D. Sheikh y J. Garcia  
Masa espécimen tipo (g): 3.04

METEORITOS, tienda on-line

Certificados en su autenticidad.  
Procedencia legítima.



www.tiendameteoritos.blogspot.com



# Clasificada NWA 14005, nueva Roca Feldespática Lunar



JOSÉ GARCÍA.

Clasificador en [www.meteoriteslab.org](http://www.meteoriteslab.org)  
The Meteoritical Society member 5976.  
[laboratory@meteoriteslab.org](mailto:laboratory@meteoriteslab.org)

Cuando comenzamos el año 2021, en medio de la pandemia del coronavirus, las economías de las naciones ya están muy tocadas. Familias enteras se han quedado sin ingresos debido a la pérdida de sus puestos de trabajo, mientras que otras además lloran la trágica pérdida de sus seres queridos. Un panorama mundial desolador y escalofriante al que la sociedad intenta sobreponerse.

Y en este intento de salir adelante, ahora más que nunca, muchos buscadores dedican sus días a buscar meteoritos en el desierto, a la espera de hallar alguno que realmente alcance un valor elevado en

el mercado. Y aunque la probabilidad de que ello suceda es extremadamente reducida, lo cierto es que ocurre, y en ocasiones la suerte está del lado del explorador.

Algo así ocurrió durante el pasado mes de enero. Entonces me llegó un mensaje de mi buen amigo Khaled en el que me solicitaba hacer unos análisis de muestras de algunos meteoritos que había conseguido. Llegamos a un acuerdo favorable para ambos, y se llevaron a efecto los cuatro primeros análisis. De algunos de ellos dí cuenta en un artículo aparte en la pasada revista, pero he querido dedicar unas páginas a la muestra

*NWA 14005. ►  
Corte pulido donde se aprecia su textura monomictica.*

que nos ocupa, ya que cuando fui consciente de la rareza del ejemplar, consideré que lo más adecuado para él, era presentarlo a la clasificación oficial.

Por este entonces, ya se habían vendido varios fragmentos de la roca a otros coleccionistas y lo más adecuado era presentar a clasificar el fragmento que tenía en mi poder. Eran 18 gramos.

El ejemplar fue hallado en la frontera entre Argelia y Libia, y se contaba con 246 gramos. Una masa nada desdeñable. Desde el primer momento que vi las fotos de las piezas supe que aquella roca, de un tono grisáceo, podía tratarse de algo realmente interesante.

Llegó a mis manos el fragmento de roca el día 8 de enero. Se trata de una roca completa, con parte de costra de fusión erosionada. Es

de color gris, barnizada por el desierto. El interior es grisáceo claro y en el mismo se percibe la presencia de muy pequeños clastos blancos. Se ven también algunas zonas con signos de fusión parcial. No se perciben clastos de gran tamaño, pero sí se aprecian de menor tamaño, sugiriendo una textura brechada monomictica.

Preparé acto seguido unos cortes para la elaboración de una sección delgada, que ha sido numerada en el catálogo de thin sections con el número TS198, y más tarde preparé una segunda sección delgada que fue utilizada para la clasificación oficial del meteorito.

Las primeras fotografías macro que obtuve del corte fueron realmente reveladoras. Un fragmento de 2.5 gramos fue extraído y utilizado para realizar dos análisis por fluorescencia de rayos X con

los que confirmar al menos que el ejemplar era lunar. Fue así que unas semanas más tarde, los dos análisis llegaron a mis manos.

La fluorescencia de rayos X es una técnica analítica que no se utiliza en la clasificación oficial de meteoritos, pero que está resultando ser una técnica válida muy valiosa para la identificación de los mismos. En anteriores investigaciones llevadas a cabo pude comprobar que si plotamos en un gráfico los valores de MgO y MnO obtenemos que cada tipo de meteoritos dibuja un área concreta del gráfico. Esto se llevó a cabo con numerosos análisis realizados a meteoritos oficiales, y efectivamente cada tipo se enmarca en una región concreta.

Dicho lo cual, cuando introduje los valores de los óxidos de Mg y Mn para el ejemplar en estudio, la

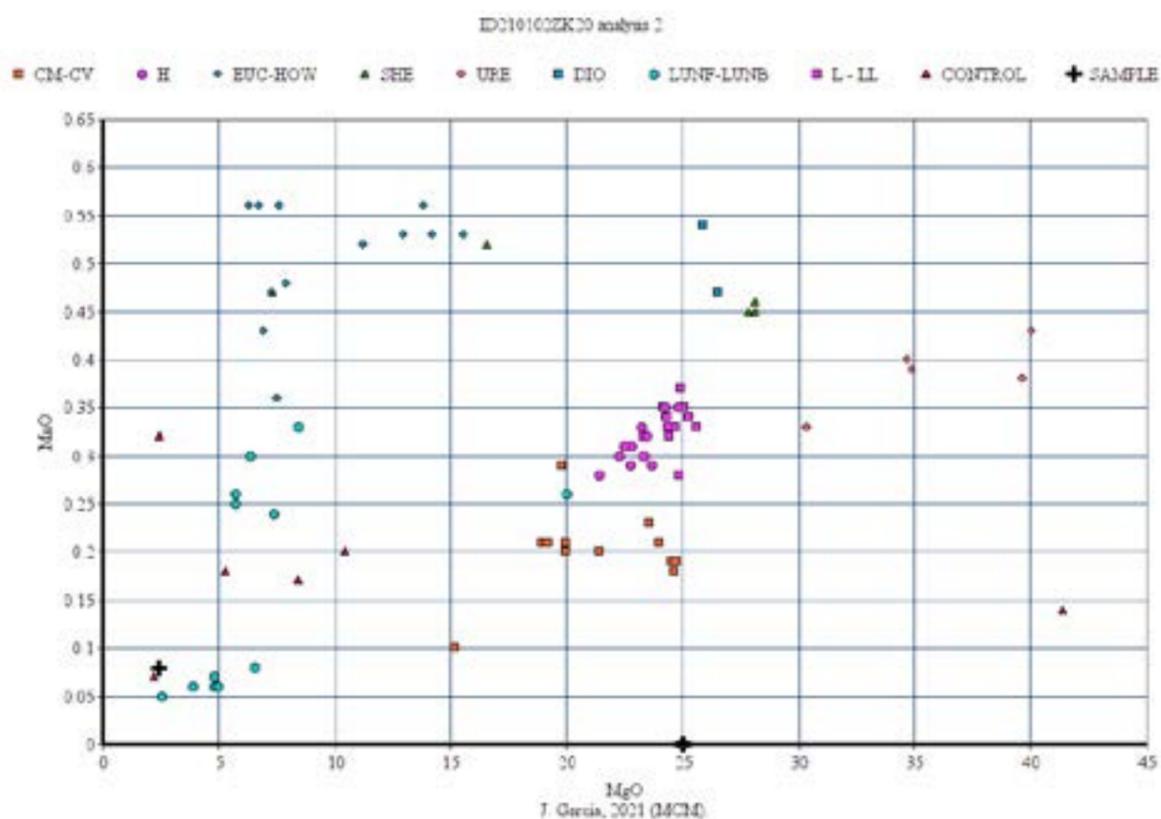




Ficha oficial ►  
publicada en *The Meteoritical  
Bulletin Database*.

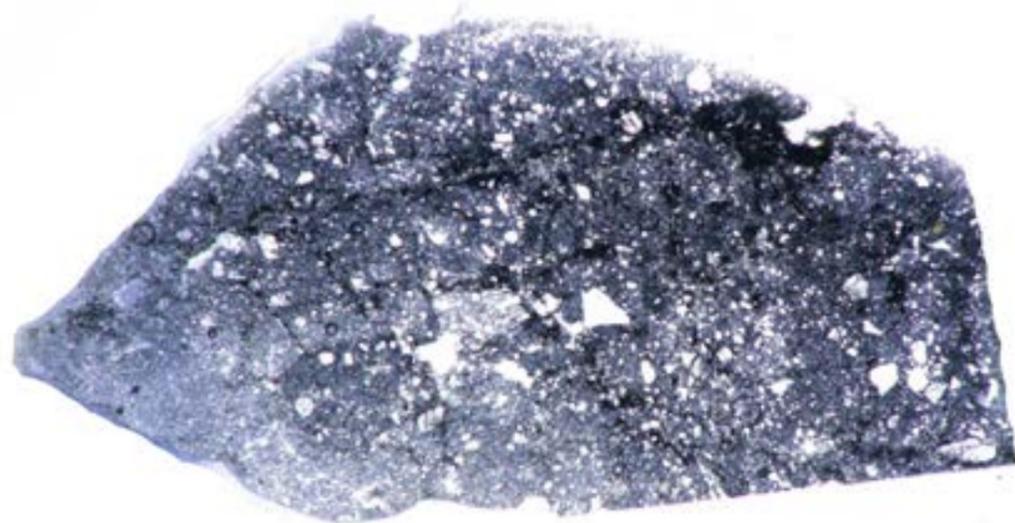
◀ Sección delgada, nicoles  
cruzados, utilizada en la  
clasificación oficial.

▼ Plot XRF que identifica los  
ratios Mg/Mn en el rango de  
las rocas feldespáticas lunares.



## Northwest Africa 14005

Basic information	Name: Northwest Africa 14005 This is an OFFICIAL meteorite name. Abbreviation: NWA 14005 Observed fall: No Year found: 2020 Country: Algeria Mass: 15 g																														
Classification history:	Recommended: Lunar (feldsp. breccia)  This is 1 of 228 approved meteorites classified as Lunar (feldsp. breccia). Search for other: <a href="#">Lunar meteorites</a>																														
Comments:	Approved 18 Jun 2021																														
Writeup	<b>Writeup from MB 110:</b> Northwest Africa 14005 (NWA 14005) Algeria Find: 2020 Classification: Lunar meteorite (feldspathic breccia) History: Acquired in 2020 by Jose Garcia from Khaled Zed, who had previously found the sample in Algeria. Physical characteristics: Single stone, gray in color, covered by desert varnish. It retains a small part of the eroded fusion crust. The interior is composed of light and dark clasts, with visible shock melt veins present throughout the matrix. Petrography: (Jose Garcia, MCM, D. Sheikh, Cascadia) This specimen is a breccia composed predominantly of sub-angular to sub-rounded anorthitic clasts (up to ~1.5 mm) and isolated mineral fragments of olivine and pyroxene set in a fine-grained matrix that contains interconnected areas of shock melt veins and trace amounts of ilmenite and troilite. Estimated modal abundances: Anorthitic plagioclase (90%), Olivine (3%), Pyroxene (3%), Shock melt veins (3%), Opaques (1%). Geochemistry: (D. Sheikh, Cascadia) Olivine (Fs <sub>33.9±5.5</sub> , range Fs <sub>30.9-37.8</sub> , Fe/Mn=72±4, n=5), Low-Ca Pyroxene (Fs <sub>12.1±1.5</sub> Wo <sub>0.8±0.1</sub> , range Fs <sub>11.6-13.2</sub> Wo <sub>0.7-0.8</sub> , Fe/Mn=50±4, n=2), Pigeonite (Fs <sub>28.7±3.2</sub> Wo <sub>17.7±2.7</sub> , range Fs <sub>23.4-35.2</sub> Wo <sub>14.9-21.9</sub> , Fe/Mn=53±5, n=10), Augite (Fs <sub>21.0±4.0</sub> Wo <sub>12.0±4.5</sub> , range Fs <sub>16.9-24.8</sub> Wo <sub>7.9-17.0</sub> , Fe/Mn=53±6, n=3), Plagioclase (An <sub>96.0±0.5</sub> , range An <sub>94.8-97.0</sub> , n=36). Classification: Lunar (feldspathic breccia). Specimens: 3.04 g and a thin section at Cascadia; main mass (11.8 g) with Jose Garcia at MCM.																														
Data from: MB110 Table 0 Line 0:	<table border="1"> <tr><td>Date:</td><td>2020</td></tr> <tr><td>Mass (g):</td><td>15</td></tr> <tr><td>Pieces:</td><td>3</td></tr> <tr><td>Class:</td><td>Lunar (feldsp. breccia)</td></tr> <tr><td>Shock stage:</td><td>moderate</td></tr> <tr><td>Weathering grade:</td><td>moderate</td></tr> <tr><td>Fayalite (mol%):</td><td>33.9±3.5</td></tr> <tr><td>Ferrosilite (mol%):</td><td>42.1±0.8, 28.7±3.2, 21.0±4.0</td></tr> <tr><td>Wollastonite (mol%):</td><td>0.8±0.1, 17.7±2.7, 32.0±4.6</td></tr> <tr><td>Classifier:</td><td>D. Sheikh, Cascadia; Jose Garcia, MCM</td></tr> <tr><td>Type spec mass (g):</td><td>3.04</td></tr> <tr><td>Type spec location:</td><td>Cascadia</td></tr> <tr><td>Main mass:</td><td>Jose Garcia</td></tr> <tr><td>Finder:</td><td>Khaled Zed</td></tr> <tr><td>Comments:</td><td>Submitted by Daniel Sheikh</td></tr> </table>	Date:	2020	Mass (g):	15	Pieces:	3	Class:	Lunar (feldsp. breccia)	Shock stage:	moderate	Weathering grade:	moderate	Fayalite (mol%):	33.9±3.5	Ferrosilite (mol%):	42.1±0.8, 28.7±3.2, 21.0±4.0	Wollastonite (mol%):	0.8±0.1, 17.7±2.7, 32.0±4.6	Classifier:	D. Sheikh, Cascadia; Jose Garcia, MCM	Type spec mass (g):	3.04	Type spec location:	Cascadia	Main mass:	Jose Garcia	Finder:	Khaled Zed	Comments:	Submitted by Daniel Sheikh
Date:	2020																														
Mass (g):	15																														
Pieces:	3																														
Class:	Lunar (feldsp. breccia)																														
Shock stage:	moderate																														
Weathering grade:	moderate																														
Fayalite (mol%):	33.9±3.5																														
Ferrosilite (mol%):	42.1±0.8, 28.7±3.2, 21.0±4.0																														
Wollastonite (mol%):	0.8±0.1, 17.7±2.7, 32.0±4.6																														
Classifier:	D. Sheikh, Cascadia; Jose Garcia, MCM																														
Type spec mass (g):	3.04																														
Type spec location:	Cascadia																														
Main mass:	Jose Garcia																														
Finder:	Khaled Zed																														
Comments:	Submitted by Daniel Sheikh																														
Institutions and collections	<a href="#">Cascadia</a> : Cascadia Meteorite Laboratory, Portland State University, Department of Geology, Room 17 Cramer Hall, 1721 SW Broadway, Portland, OR 97201, United States; <a href="#">Website</a> (institutional address; updated 28 Oct 2011) <a href="#">MCM</a> : Museo Canario de Meteoritos Las Palmas de Gran Canaria, Spain (institutional address; updated 26 Nov 2016)																														
Catalogs:																															
References:	Published in <i>Meteoritical Bulletin</i> , no. 110, in preparation (2021)																														
Geography:	Coordinates: Unknown.																														
	 <p>Statistics: This is 1 of 1113 approved meteorites from <a href="#">Algeria</a> (plus 27 unapproved names) (plus 4 impact craters)</p>																														
Also see:	This lists the most popular meteorites among people who looked up this meteorite.																														
Revision history:	This lists important revisions made to data for this record.																														



ID210102ZK20. LUNAR.  
Thin section, Plane Polarized Light.

marca lo situó de inmediato en el grupo de los meteoritos feldespáticos lunares.

Este grupo de meteoritos es muy significativo, ya que el área en la que caen todos en el gráfico es extremadamente reducida. Esto hizo que el interés por la roca creciera.

Presenté las imágenes del corte, y se generó un interés en el ejemplar. Visto que merecía la pena su clasificación, recibí un mensaje del investigador Daniel Sheikh, del Cascadia Meteorite Laboratory, Portland State University, instándome a llevarla a cabo. Fue así que preparé la sección delgada, extraje los tres gramos que se utilizarían como espécimen tipo para el repositorio, y se los envié para el análisis.

Llevado éste a cabo, se mostró muy optimista. Se confirmaba efectivamente, y por segunda vez,

la naturaleza lunar del ejemplar. Personalmente me llamó profundamente la atención el hecho de que la roca lunar era de corte monomítico. No se apreciaban clastos de otra naturaleza que los feldespáticos, similares a la composición de la matriz. Entre ambos, reunidos telemáticamente, acordamos los parámetros que para los dos eran concluyentes en cuanto a la petrografía del ejemplar.

Era, en efecto, una roca prístina procedente de las Tierras Altas Lunares, y lo más interesante, era una rareza en toda regla. Una brecha feldespática lunar compuesta en un 90% por plagioclasa anortita, el olivino ocupaba un 3% y el piroxeno en torno a otro 3% del volumen. Así también las venas de choque, y hasta un 1% en fases opacas que se identificaron como ilmenita y troilita. No existía presencia de metales hierro-níquel en la roca.

▲ Primera sección delgada bajo nicoles paralelos.

NWA 14005. ►  
Main mass 11.83 gr.



La composición geoquímica de los componentes de la roca lunar se midieron en Olivino (Fa<sub>33.9±3.5</sub>, oscilando Fa<sub>30.9-37.8</sub>, Fe/Mn=72±4, n=5), piroxeno pobre en calcio (Fs<sub>42.1±1.5</sub>Wo<sub>0.8±0.1</sub>, oscilando Fs<sub>41.0-43.2</sub>Wo<sub>0.7-0.8</sub>, Fe/Mn=50±4, n=2), Pigeonita (Fs<sub>28.7±3.2</sub>Wo<sub>17.7±2.7</sub>, oscilando Fs<sub>23.4-35.2</sub>Wo<sub>14.9-21.9</sub>, Fe/Mn=53±5, n=10), Augita (Fs<sub>21.0±4.0</sub>Wo<sub>32.0±4.6</sub>, osci-

lando Fs<sub>16.9-24.8</sub>Wo<sub>27.9-37.0</sub>, Fe/Mn=53±6, n=3), Plagioclasa (Ang<sub>6.0±0.5</sub>, oscilando Ang<sub>4.8-97.0</sub>, n=36).

Con estos datos, el ejemplar, cuya masa clasificada ascendía a tan solo 15 gramos, fue submitido al Comité de Nomenclatura de The Meteoritical Society para solicitar su revisión y aprobación a la clasificación oficial.

Este acontecimiento tuvo lugar la tarde del 18 de junio pasado, apareciendo publicado en las bases oficiales de The Meteoritical Bulletin. Y ahora es un placer compartirlo también con todos los lectores de esta revista.

Debido a la rareza de este ejemplar, se ha considerado no extraer más fragmentos de la masa principal, que en este momento es de 11.83 gramos. Pero de los cortes efectuados con anterioridad se desprendieron algunos fragmentos que se han puesto en venta para quien desee tener un pedacito de esta rareza. Solo 9 fragmentos en venta, para quien llegue el primero.

Pueden visitar la tienda en <http://tiendameteoritos.blogspot.com> para ver éstos ejemplares disponibles.



# TRINITY 76 años después

meteoriteslab.org



16 de julio de 1945. La bomba Trinity inaugura la era nuclear, con la primera detonación controlada de una carga de plutonio. Una era que culminaría en los bombardeos de Hiroshima y Nagasaki.

Madrugada del 16 de julio del 1945, la lluvia que durante horas llevaba cayendo en el desierto de Alamogordo, en Nuevo México cesaba, dando paso a unas condiciones de visibilidad óptimas que eran deseables para el ensayo que estaba a punto de iniciar. A las 05:29:21, la noche se convirtió en día. Una impresionante explosión, como nunca antes había sido visto, desataba una furia incontrolable que aterró a los presentes en la prueba. Acababa de detonar Trinity, la primera bomba nuclear de la historia, como parte del proyecto Manhattan, que daba inicio a una era temida cuya máxima expresión y final se desa-

rolló los días 6 y 9 de agosto del mismo año, con los bombardeos de Hiroshima y Nagasaki.

Aquella era la primera prueba nuclear de toda la Historia. Un espectáculo presenciado por hasta 425 personas entre políticos, científicos y periodistas, que no podían dejar de asistir al que sin duda sería uno de los mayores acontecimientos que cambiarían el curso de la Historia. Un acontecimiento cuya magnitud no solo heló la sangre a los presentes, sino que aún hoy día, sigue impactando en la sociedad, 76 años después.

La era nuclear tuvo su nacimiento y culminación en poco menos de un mes, pero aquel germen fue el origen del nacimiento de una nueva era que sin duda revolucionaría la historia de la humanidad. Previamente El 2 de agosto de 1939,

*TRINITY. ►  
Explosión nuclear de  
Alamogordo.*

el físico alemán Albert Einstein le escribió una carta al presidente estadounidense Franklin D. Roosevelt. En ella se le informaba de los avances sobre la fisión nuclear en Alemania, y le animaba a desarrollar un programa nuclear. Años más tarde Einstein se arrepintió esa carta, pero ya era tarde, ese mismo año Estados Unidos empezó a investigar la viabilidad de las armas nucleares.

Trinity se diseñó como una bomba de fisión nuclear. Se componía de un núcleo, llamado "Gadget", con forma de una gran bola de acero, cuya misión era contener la implosión de plutonio que se albergaría en su interior. Los recientes descubrimientos sobre la fisión nuclear llevaron a los científicos a concluir que si se comprimían los átomos del plutonio que contenía en su interior, la presión y la densidad de

aquella sustancia aumentaría hasta tal punto que produciría una reacción en cadena que concluiría con la liberación de una extraordinaria energía en forma de explosión. No andaban mal encaminados.

No obstante la teoría era cierta, aún no se habían hecho ensayos de campo, de hecho este era el primer experimento que se llevaría a cabo de la detonación de una bomba nuclear. Se desconocían las garantías de éxito. Siendo así, los científicos tuvieron que plantearse ante distintos posibles escenarios que podrían suceder durante las pruebas nucleares, y en consecuencia, había que preparar un dispositivo adecuado para actuar en cada uno de ellos. Una labor titánica para garantizar, al menos, la seguridad en los ensayos.

El laboratorio para el ensayo se

emplazaba en la región de Jornada del Muerto, en el desierto de Nuevo México, un lugar plano, sin viento y aislado en el que se emplazaría el gadget. Para ello, se construyó una plataforma de acero de 30 metros de altura desde donde se haría detonar aquel corazón de plutonio. La caída desde aquella altura ofrecería a los técnicos una información muy valiosa sobre el comportamiento del monstruo en caso de un eventual bombardeo desde la aviación.

Veinte kilotones de TNT fue el equivalente de energía liberada durante la explosión. Aquello se tradujo de inmediato en una indescriptible explosión lumínica que llegó a convertir la noche en día, en palabras de los propios asistentes. Quizás una de las voces más conocidas, testigo de aquel suceso fue el general Tho-



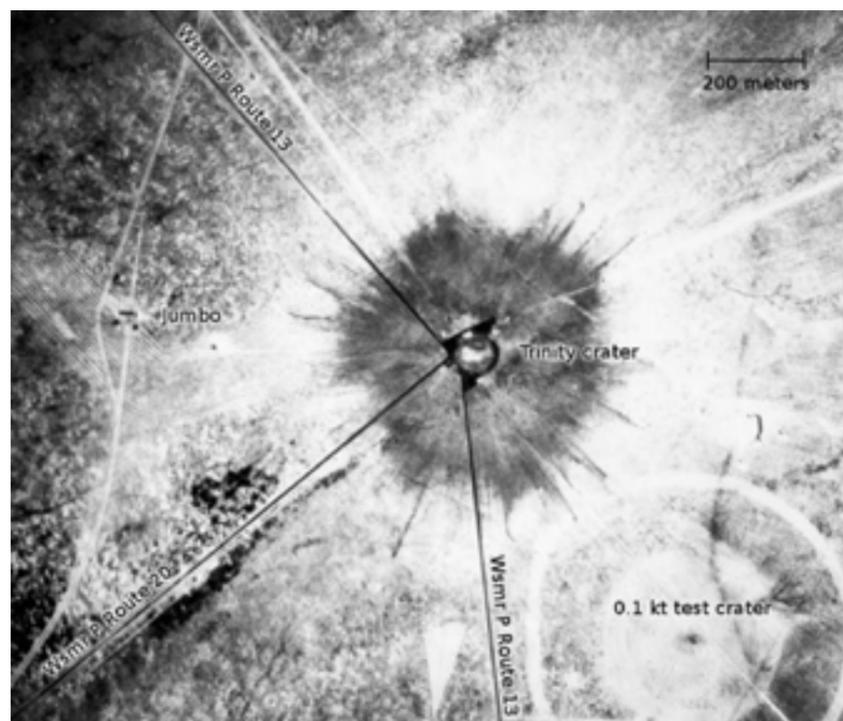
mas F. Farrell, que describió la explosión como un gran espectáculo. "Todo el país estaba iluminado por una luz abrasadora con una intensidad muchas veces mayor que la del sol del mediodía. Era dorado, púrpura, violeta, gris y azul. Iluminó cada pico, grieta y cresta de la cordillera cercana con una claridad y belleza que no se puede describir, pero que debe verse para ser imaginada. Era esa belleza con la que sueñan los grandes poetas, pero que describen muy pobre e inadecuadamente".

Pero como ya sabemos, la explosión no solo fue un evento lumínico. Al rato, y repentinamente, llegó la onda expansiva y el calor generados por la explosión. Aquella prueba nuclear convirtió de repente el desierto en plena madrugada, en un auténtico horno que alcanzó temperaturas sobrehumanas. Los cálculos iniciales apuntaban a que en el epicentro de la explosión, la temperatura superaría con creces los 10.000.000 de grados Fahrenheit

(5.556.000 grados Celsius), y cualquier vestigio de vida en media milla a la redonda, quedaría de inmediato vaporizada por el calor. Tras aquella prueba nuclear, en la zona cero quedaría para la historia un cráter de 1.5 metros de profundidad y 9.1 metros de ancho. El calor que se generó en la explosión produjo la fusión de la arena del desierto, formando un lecho de sustancia verde cristalina que llamaron Trinitita, como homenaje a aquel test. Aquella huella, a día de hoy, más de 75 años después, sigue recordando el momento en que inició la era atómica.

Todavía es posible hoy día visitar el lugar de la zona cero de aquel primer ensayo nuclear de la Historia, lo que no está permitido es recolectar trinititas del suelo. La mayoría de ellas fueron retiradas en su momento y enterradas, ya que tenían niveles de radioactividad importantes. Sin embargo, no son pocos los visitantes que se llevan en sus bolsillos algunos de estos

*Así quedó la arena del desierto tras el test nuclear. Son las llamadas trinititas.*



◀ *Punto Cero, donde se aprecia la huella de la explosión nuclear.*

vidrios tras la visita a Alamogordo. Y es de esta forma como hoy podemos encontrar en el mercado fragmentos de trinitita a un precio moderado. Con motivo de investigación científica recibí de Lodé Laurent ([www.nuggetsfactory.com](http://www.nuggetsfactory.com)) un lote de trinititas realmente interesantes. Eran de la variedad verde. Tras la investigación de las trinititas los científicos observaron que existían dos variedades, una verde cristalina y otra rojiza, como consecuencia de incorporar restos metálicos del Gadget y de la estructura construida para sostenerlo.

En el año 2004, un ensayo llevado a cabo por Parekh (Wadsworth Center, New York State Department of Health) y colegas de la Universidad de Albany sobre muestras de trinitita colectadas en la zona cero fueron investigadas en detalle para medir su radioactividad. Las técnicas utilizadas para llevar a cabo la investigación incluían espectrometría alfa, espectrometría de rayos gamma de alta eficiencia, y recuento beta de fondo bajo siguiendo la radioquímica para radionúclidos seleccionados. De esta manera determinaron actividad para los productos de la fisión Estroncio 90 y Cesio 137, para los productos de activación Cobalto 60, Bario 133, Europio 152, Europio 154, Plutonio 238 y Plutonio 241, e incluso remanentes de los productos combustibles Plutonio 239 y 240. Adicionalmente midieron actividad para tres radionúclidos naturales, Potasio 40, Torio 232 y Uranio 238 y su progenie. La actividad específica determinada de los radionúclidos y sus interrelaciones fueron interpretadas en el contexto de los procesos de fisión nuclear, el comportamiento químico de los elementos, y la propia fenomenología de la explosión nuclear.

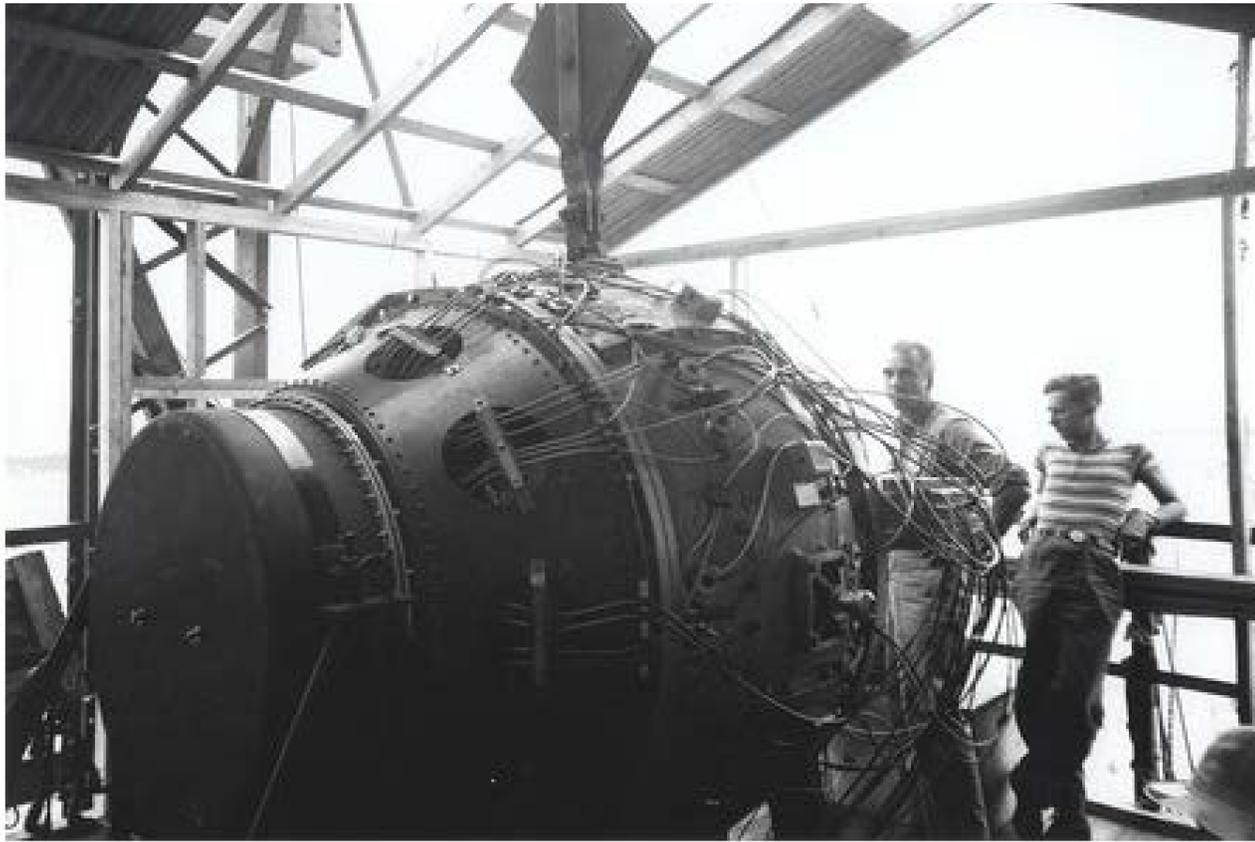


Las trinititas son vidrios, como decimos, formados por la fusión de la arena arcósica del desierto. Entre sus componentes principales están el cuarzo, microclina, albita, moscovita, actinolita y calcita. De todos ellos, solo los granos de cuarzo sobrevivieron al evento y se encuentran de forma libre en las muestras de trinitita analizadas. Se han apodado algunas de las formas adquiridas por estos vidrios, tales como "pancake trinitite" que destacan por una superficie uniforme, suave, y un reverso de burbujas solidificadas, a modo de gotas que se solidifican sobre el suelo. También están las "red trinitite" que hemos comentado más arriba, con restos de las estructuras metálicas. "Scoriaceous trinitites" son restos escoriáceos, rotos, botroidales en ocasiones, formados del mismo material fundido. Y finalmente las "beads" o "dumbbell-shaped" que adquirieron formas

de granos o gotículas de tamaño milimétrico, que tienen su origen en una lluvia de pequeños cristallitos fundidos que se solidificaron durante la fase de vuelo, antes de caer sobre el suelo.

Todos ellos tienen un nexo común, y es que a pesar de haber pasado 76 años desde el ensayo nuclear, son levemente radiactivos. Entre los radionúclidos activos se encuentran los propios del combustible nuclear, los de los elementos utilizados para iniciar la fisión, y los producidos por la interacción de unos con otros. La química nuclear es sorprendente.

Los neutrones proveídos como iniciadores de la reacción interactúan con núcleos existentes de un elemento, para producir un isótopo radiactivo de ese elemento concreto. De esta forma, por ejemplo, un neutrón colisiona con un núcleo



de Fe<sup>58</sup> para producir Fe<sup>59</sup>, un isótopo radiactivo del hierro, que decae por emisión beta y emite rayos gamma de características energéticas. Así, la mayoría de los elementos de activación detectados en la trinitita poseen una vida media larga, y es posible detectar Cobalto<sup>60</sup>, Bario<sup>133</sup>, Europio <sup>152</sup> y <sup>154</sup>. En la variedad roja de trinitita, recolectada al norte de la zona cero, se puede detectar la presencia de cobre si se analiza mediante microscopio electrónico de barrido (SEM).

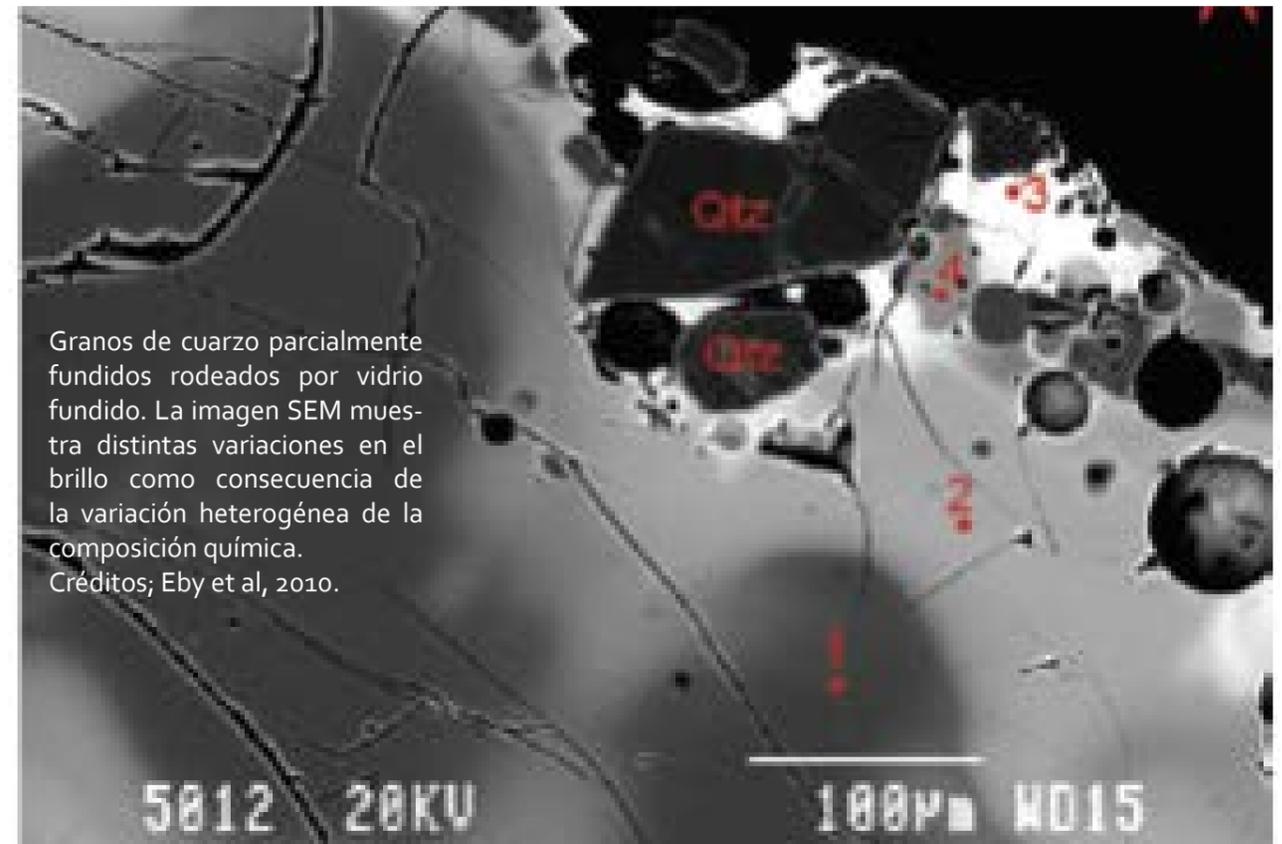
La trinitita verde por su parte son los vidriosos y presentan abundantes vesículas. En su mayoría son restos escoriáceos en los que se percibe mediante microscopía la presencia de granos redondeados de cuarzo, reabsorbidos por el vidrio. La textura de estos granos de cuarzo sugieren que comenzaron su proceso de fusión, pero quedó interrumpido, y

no se completó totalmente. El resto de minerales presentes en la composición de la arena del suelo se fundieron completamente.

Cuarzo-alfa, un polimorfo de baja presión-temperatura, también se encontró en las muestras analizadas de trinitita verde. Este polimorfo es usual encontrarlo en rocas de la corteza terrestre. La sobrepresión y temperaturas emitidas durante el ensayo nuclear no fueron lo suficientemente fuertes como para crear polimorfos de alta presión-temperatura. En todos los casos se ha comprobado que la composición química de las trinititas no es estable y presenta una gran heterogeneidad incluso en fragmentos de la misma muestra.

Sea como fuere, lo cierto es que a día de hoy, a pesar de que la trinitita continúa emitiendo radiación, los niveles medidos no son peligro-

sos para su manipulación e investigación, y ofrece un campo de investigación sorprendente sobre los efectos de las explosiones nucleares y sus consecuencias químicas. La era nuclear comenzó aquel mes de julio de 1945 en Alamogordo con la primera bomba de plutonio, y concluyó con la última en Nagasaki, un mes más tarde. Suficientes ensayos, suficientes muertes y suficientes estragos para concluir que aunque la energía atómica es una energía eficiente, su peligrosidad es incuestionable y los riesgos de su generación son imprevisibles, como bien quedó de manifiesto tras el mítico accidente de Chernobyl el 26 de abril de 1986, y más recientemente con el accidente ocurrido en Fukushima el 11 de marzo de 2011, que sufrió una triple fusión del núcleo, alcanzando ambos un nivel de alerta máxima y cuyas consecuencias en la población son por todos bien conocidas.



Granos de cuarzo parcialmente fundidos rodeados por vidrio fundido. La imagen SEM muestra distintas variaciones en el brillo como consecuencia de la variación heterogénea de la composición química. Créditos; Eby et al, 2010.

### BAJO HONDO; ¿Un nuevo cráter de impacto en basalto o una caldera volcánica?



**Maximiliano C.L. Rocca.**  
**The Planetary Society - Mendoza 2779.**  
**Ciudad de Buenos Aires. Argentina.**  
**maxrocca2010@gmail.com**

#### INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas los geólogos expertos en estudios planetarios han demostrado que Mercurio, Venus, La Luna y Marte están todos mayoritariamente cubiertos por cráteres de impacto en rocas volcánicas de tipo rocas basálticas. Las rocas basálticas son rocas eruptivas volcánicas de color oscuro, pesadas, densas, duras y compuestas mayoritariamente por Silicatos de Hierro y Magnesio (Ejemplos: Olivino y Piroxenos), y minerales como las Plagioclasas. Estos cráteres son la consecuencia

de los choques con núcleos de cometas o asteroides que se cruzan en las órbitas de los planetas. Los mismos científicos han también demostrado que nuestro planeta Tierra es víctima de los mismos impactos de esos objetos cósmicos.

A consecuencia del impacto se forma una cicatriz en la superficie terrestre con forma de cuenco circular llamada CRATER o ESTRUCTURA de IMPACTO. En promedio, un asteroide abre un cráter cuyo diámetro es igual a 20 veces su propio diámetro. Ejemplo: Una

*Cráter Barringer. ►  
El más famoso cráter de impacto  
y mejor conservado.*

roca de 1 Km. de diámetro abrirá un cráter de 20 Km.

Ya se han catalogado unas 200 estructuras y cráteres de impacto sobre la Tierra que tienen desde unos metros hasta cientos de kilómetros de diámetro.

Se clasifican según su geomorfología en:

A: Cráteres simples: Hoyos circulares con forma de taza de té que nunca tienen más de 5 Km. de diámetro. Se caracterizan por mostrar un borde sobre elevado con respecto al nivel de suelo circundante.

B: Estructuras complejas: Estas a su vez se clasifican en 3 modelos:

1) de pico central con entre 5 y 25 kilómetros de diámetro,

2) de anillo central con entre 25 y 150 kilómetros de diámetro y

3) cuencas multi anillo con más de 150 kilómetros de diámetro.

El más popular de los anteriores es el cráter Meteorito o cráter de Barringer en Arizona, en USA de 1,2 kilómetros de diámetro. Es un cráter de impacto del tipo simple ubicado sobre rocas sedimentarias del tipo areniscas y calizas.

Hasta hoy el único cráter de impacto del tipo simple bien estudiado y documentado ubicado en rocas basálticas en la Tierra es el cráter de Lonar Lake en India con 1,8 km de diámetro.

Está ubicado sobre la enorme meseta basáltica volcánica del Decan, India, que data del final de la era Mesozoica (66 millones de años atrás) El cráter de Lonar Lake

tiene una edad estimada de cerca de medio millón de años.

Por décadas este cráter de impacto del tipo simple fue confundido y mal catalogado como una "caldera basáltica volcánica" y solo en la década de los 1970's se lo reconoció como un cráter de impacto similar a los cráteres lunares y marcianos.

Existen otros sitios de impacto de asteroides/cometas en basaltos en Brasil, como por ejemplo Vista Alegre, pero ya no son del tipo simple sino estructuras de impacto del tipo complejas.

Y hay un potencial nuevo caso en la Patagonia argentina. Uno que necesita ser bien estudiado.

### BAJO HONDO en CHUBUT, PATAGONIA, ARGENTINA.

Bajo Hondo es un hermoso cráter con forma de taza de té de 4,8 kilómetros de diámetro ubicado sobre la gigantesca meseta volcánica del Somuncura, en la Provincia de Chubut en la Patagonia, Argentina, (co-ordenadas S 42°15' - W 67° 55').

Bajo Hondo está ubicado justo como "incrustado" sobre la ladera Sud Este de un gigantesco estratovolcán llamado Talagapa, de 25 x 10 kilómetros, y por este hecho Bajo Hondo ha sido posiblemente mal clasificado de primera instancia como una caldera volcánica





basáltica por los geólogos vulcanólogos de Argentina durante la década de 1980's.

El volcán gigante Talagapa mismo he emitido grandes derrames de rocas del tipo ignimbritas y estratos de lava basáltica durante el periodo geológico del Mioceno (unos 15 millones de años atrás).

Bajo Hondo tiene todas las características geomorfológicas de un cráter de impacto de meteorito gigante del tipo simple: tiene un borde sobre elevado por encima del piso local de 100 a 150 metros de altura.

La zona al Sud Este del borde muestra una gran cantidad de bloques y escombros, de varios metros de diámetro, que han

sido catalogados como "piroclastos" y que bien pueden ser eyectos/escombros de impacto salpicados por el impacto meteorítico que tal vez dio origen a Bajo Hondo. Esto hace pensar que el objeto que impacto venía desde el NorOeste.

Las laderas de los bordes internos del borde de Bajo Hondo muestran estratos de basalto, de unos 2 metros de espesor, eruptados por Talagapa, que han sido levantados verticalmente por efecto de un movimiento ascendente quizás en la explosión meteorítica del impacto que formo a Bajo Hondo. Este tipo de estratos sobre elevados en la ladera interna de los bordes de los cráteres es típico de los bordes de cráteres de impacto del tipo simple.

Se asemejan a lo que los geólogos vulcanólogos llaman "diques" de basalto, pero no lo son.

La ladera interior del borde Oeste de Bajo Hondo muestra evidencias de cierto nivel de colapso por efecto de la fuerza de gravedad hacia adentro en forma de fallas geológicas estructurales del tipo falla normal. Esto también es clásico de los cráteres de impacto.

No existen claras evidencias de que Bajo Hondo haya hecho alguna vez erupción de lavas basálticas. Esto es fundamental para descartar su origen por vulcanismo.

Los estudios químicos mediante análisis de sensores remotos satelitales del Satélite SENTINEL 2 de la ESA realizados por geó-

logos de la Universidad Trier en Trier, Alemania, nos muestran claramente que los índices de abundancia de los iones de Hierro Férricos y Ferrosos en las rocas superficiales son iguales en todas las lavas alrededor de Bajo Hondo y se corresponden a la perfección con los basaltos que fueron emitidos durante el Mioceno por Talagapa.

Es casi seguro que Bajo Hondo no ha emitido nunca lavas basálticas y esto apunta a que no es una caldera basáltica volcánica.

Las rocas reportadas en las publicaciones de 1980's que aparecen en los bordes de Bajo Hondo son breccia basáltica tipo lapilli con bloques angulosos de hasta 3 metros de diámetro, bombas de vidrio de 13 a 7 centímetros de tamaño, y escorias basálticas. Las bombas de vidrio muestran evidencias de haber sido lanzadas por el aire tomando formas aerodinámicas. Este tipo de rocas es el

mismo que las que aparecen en los bordes del cráter Lonar de la India antes mencionado: breccias, bombas de vidrio y escorias basálticas.

La edad de la formación de Bajo Hondo sería de menos de 10 millones de años y, de ser confirmado su origen por impacto, podemos estimar que el asteroide que choco en Bajo Hondo tendría unos 250 metros de diámetro.

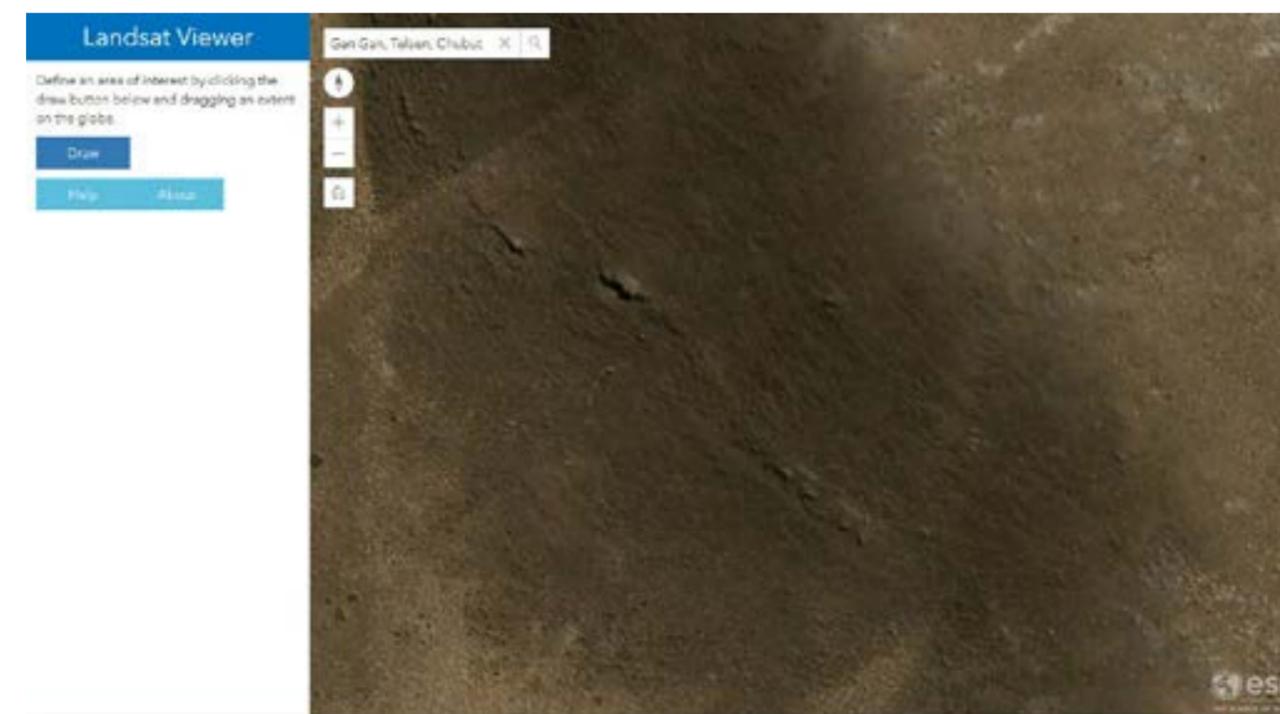
Es muy importante hoy que geólogos expertos en el estudio de cráteres de impacto de asteroides/cometas visiten a Bajo Hondo, lo estudien en detalle, tomen muestras de rocas y luego las estudien en el laboratorio buscando evidencias de efectos de impacto en la forma de metamorfismo de shock. Hasta hoy esto jamás se ha hecho.

Con colegas geólogos y geofísicos amigos del Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC) del CONICET de Ushuaia de Argentina y europeos del Instituto

Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) de Madrid, España, y la Universidad Trier, en Trier, Alemania, estamos planeando visitar Bajo Hondo para hacer una investigación geológica nueva, completa y concluyente sobre su posible origen por impacto de un asteroide.

De confirmarse su origen por impacto de asteroide o cometa entonces Bajo Hondo sería un nuevo análogo de los cráteres del tipo simple ubicados en la superficie de la Luna y Marte, pero, localizado aquí mismo en la Patagonia argentina.

Maximiliano C. L. Rocca es Analista de Sistemas. Desde 2002 trabaja en estudios de cráteres de impacto becado anualmente por The Planetary Society de Pasadena, California, USA y por amistad en equipo con geólogos del Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC- CONICET) de Ushuaia, Argentina.



# Rocas calientes, regolito frío.



**Roberto Bartali <sup>1</sup>, Manuel S. Colli <sup>1</sup>, Eleazar Samuel Kolosovas Machuca <sup>1,2</sup>.**

**<sup>1</sup> Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.**

**<sup>2</sup> Coordinación para la Innovación y Aplicación de la Ciencia y la Tecnología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.**

## Resumen

Se describe de manera sintética qué es la radiación infrarroja y la técnica que permite determinar la temperatura de manera indirecta de los objetos de interés. Se explica la manera en la que podemos medir la temperatura de diferentes lugares de la Luna y, en base a las diferencias de temperatura, determinar algunas características de la superficie como la presencia de rocas y de

arena. La relación entre la cantidad y el tamaño de los bloques y la de arena es diferente dependiendo del tipo de cráteres y de su antigüedad. Se presentan algunos ejemplos de la distribución de tamaños de rocas en cráteres de diferente morfología.

## Palabras clave

Relación bloques-regolito, temperatura de las rocas, cráteres de impacto lunares

## Introducción

Las naves espaciales que se encuentran en órbita baja alrededor de nuestro satélite natural, la Luna, poseen cámaras con sensores de muy alta resolución los cuales permiten obtener imágenes, en la parte visible del espectro electromagnético, de hasta 25 cm por píxel.

En lo que respecta a los sensores infrarrojos, la tecnología actual no permite tener píxeles muy pequeños y comparables con los que se utilizan para las fotografías en el visible, por lo que las imágenes infrarrojas son de mucha más baja resolución, aun así, los datos que podemos obtener son extremadamente valiosos.

Debido a que la fotografía infrarroja permite determinar diferencias en la temperatura de los cuerpos o del ambiente, se puede aplicar a muchos estudios geofísicos tanto en ámbito terrestre como espacial. El infrarrojo fue descubierto por el científico y músico alemán-inglés William Herschel quien en 1800 dispersó luz blanca a través de un prisma y midió con termómetros de bulbos la temperatura de los colores. Obtuvo un mayor valor en su termómetro control que se encontraba "más allá del rojo" ésta fue la primera vez que "veíamos" una energía diferente al visible. A esta zona del espectro electromagnético hoy la conocemos como región infrarroja y se extiende aproximadamente desde 780 nanómetros nm hasta 1 000  $\mu\text{m}$ .

## Medición de la temperatura superficial

Cualquier cuerpo que se encuentre a una temperatura superior al cero

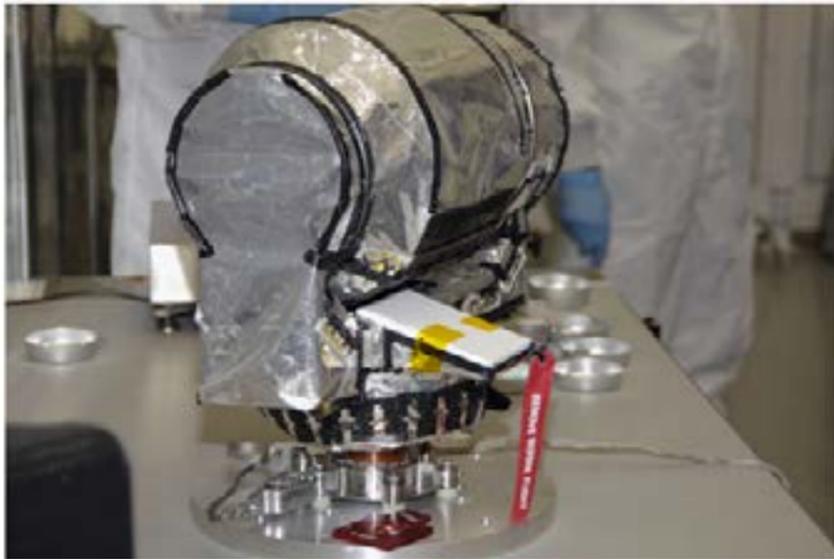
absoluto ( $-273.15^\circ\text{C}$ ), sin tomar en cuenta otros factores físicos, emite radiación electromagnética a una frecuencia que depende de su temperatura. Esto es posible gracias a la ley de Wien ( $L=b/T$  en donde  $L$ =longitud de onda de la radiación emitida,  $b=2898\ \mu\text{m}\cdot\text{K}$  constante y  $T$ =temperatura del objeto en Kelvin), por ejemplo, el cuerpo humano cuya temperatura basal es de aproximadamente  $37^\circ\text{C}$  emite ondas electromagnéticas en un rango de longitudes de onda que comienzan alrededor de  $3\ \mu\text{m}$ , con un máximo en  $10\ \mu\text{m}$  y luego se desvanece. Esta longitud de onda pertenece a la parte del espectro electromagnético que denominamos Infrarrojo el cual se divide en tres grandes secciones: cercano, mediano y lejano y abarca las longitudes de onda entre  $0.7\ \mu\text{m}$  hasta  $500\ \mu\text{m}$ .

En la actualidad se utilizan sensores digitales de tipo CCD (Charge Coupled Devices, Dispositivos de Cargas Acopladas) de diferente tipo y forma de trabajar que utilizan el silicio como elemento foto-sensible, sin embargo son poco eficientes para detectar la parte infrarroja del espectro electromagnético. Para estas longitudes de onda se usan sensores basados en Galio, Arsénico, Indio y Mercurio, entre otros. Los sensores de tipo CCD son muy comunes y los podemos encontrar en los teléfonos celulares, cámaras fotográficas, de video y por supuesto en los telescopios espaciales. Se usan para detectar longitudes de onda desde el ultravioleta hasta el infrarrojo lejano, la diferencia básica entre cada uno es el tipo de semiconductor utilizado, porque el modo de funcionamiento es muy similar. Los fotones que llegan al semiconductor son absorbidos por los átomos y este a su vez libera

electrones que son almacenados en unas regiones específicas del dispositivo para luego ser exportados a la computadora por medio de un circuito electrónico y allí ser procesados para producir una imagen.

## Temperatura de la Luna

El Diviner Lunar Radiometer Experiment (DLRE) (<https://www.diviner.ucla.edu/>) es uno de los instrumentos a bordo de la nave Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) de la NASA. El LRO fue lanzado en 2009 y desde esa fecha está analizando la Luna. Se encuentra en una órbita elíptica con una distancia mínima de 20 km y una máxima de 165 km de la superficie de nuestro satélite natural. Además de obtener gran cantidad de fotografías en alta resolución (hasta 50 cm/px), obtiene datos topográficos que, junto con las fotografías, dan la posibilidad de reconstruir el 98% de la Luna en 3D con resolución de 100 m. El DLRE (figura 1) es un instrumento desarrollado en la Universidad de California en Los Ángeles (UCLA) en conjunto con el Jet Propulsion Laboratory (JPL) en Pasadena. Su principal objetivo es el de medir la radiación infrarroja emitida por la superficie lunar y por las capas de regolito inmediatamente debajo de la superficie, por medio de técnicas de percepción remota. Estas mediciones son importantes para identificar regiones de baja temperatura que podrían contener depósitos de hielo y determinar la rugosidad de la superficie, ambas informaciones son de fundamental importancia para determinar los posibles lugares de alunizaje de las futuras misiones y, sobre todo, para la instalación de las bases autónomas y habitadas. El DLRE es el instrumento que ha permitido realizar un mapeo tér-



◀ *Figura 1.*  
Fotografía del instrumento  
Diviner Lunar Radiometer  
Experiment (DLRE) a bordo de  
la nave Lunar Reconnaissance  
Orbiter de la NASA.

mico completo de un cuerpo celeste en diferentes horas del día y de la noche y a lo largo de todas las estaciones lunares. Gracias a eso ha sido posible determinar una relación de proporcionalidad entre las diferencias de temperatura y la rugosidad del terreno debido a que el regolito fino absorbe y emite una cantidad muy diferente de radiación infrarroja que las regiones en las que prevalecen las rocas. Utilizando esta información, en conjunto con las imágenes de alta resolución, es posible, por ejemplo, calcular la cantidad de erosión que han sufrido los cráteres.

La Luna es un cuerpo que sufre de temperaturas extremas por tres razones: la atmósfera es prácticamente inexistente por lo que no hay nada que distribuya y establezca la temperatura superficial; la rotación sobre su eje es muy lenta (27.32 días) por lo que el Sol ilumina la misma región durante casi dos semanas consecutivas; el eje de rotación tiene una inclinación de solo 1.54 grados con respecto a la eclíptica (el plano de la órbita terrestre alrededor del Sol) por lo que la luz solar incide casi perpendicularmen-

te en el ecuador y en cambio, en algunas regiones polares, nunca llegan los rayos del Sol. Como se puede apreciar en los dos mapas de la figura 2, las temperaturas en el día en el ecuador alcanzan casi los 400 K (127° C), y durante la noche bajan a 95 K (-178° C). Esta diferencia de temperatura es muy superior a la que experimentamos en la Tierra, aunque al mediodía tengamos temperaturas de 35° C, en la noche difícilmente bajará a menos de 10° C, por lo que la máxima diferencia de temperaturas entre el día y la noche puede ser de unos 25° o 30°, diez veces menos de la excursión térmica que sufre la Luna. En el mapa térmico de la figura 2 se puede observar también que, durante el día en las regiones polares, hay áreas azules por lo que allí la temperatura es muy baja, de hecho, no hay mucha diferencia entre la temperatura diurna y la nocturna. Esas regiones son de muy alto interés porque contienen grandes cantidades de agua congelada y pueden ser las que abastezcan a las futuras bases lunares habitadas del vital líquido y del oxígeno para ser utilizado como combustible y la supervivencia humana.

Figura 2. ▶  
Planisferio lunar en el cual se ha superpuesto el color que representa a la temperatura de cada lugar codificado según la barra de colores a la derecha. Las temperaturas altas son puntos rojos mientras que las bajas son azules. En el mapa superior se muestra la temperatura nocturna mientras que en el inferior se muestra la temperatura diurna. Datos obtenidos por el bolómetro Diviner a bordo de la nave Lunar Reconnaissance Orbiter de la NASA (Williams et al., 2017).

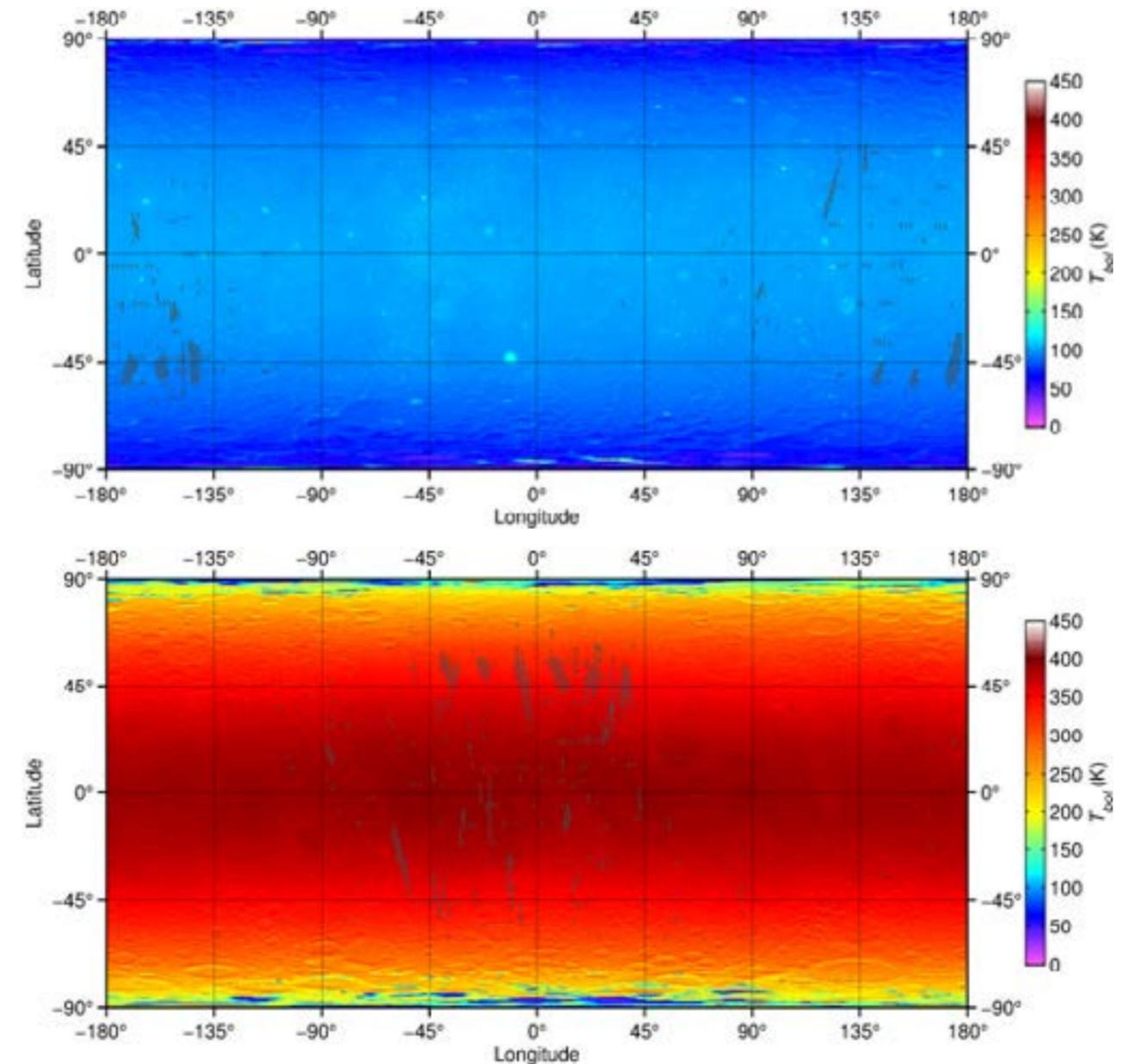
## Mares y Tierras Altas

Cuando observamos la Luna vemos que muestra dos tipos distintos de regiones: unas más oscuras que son las que llamamos "mares" y "lagos" (Bartali y Colli, 2020) y otras mucho más claras que son las "Regiones Altas" ricas en cráteres. La diferencia de color depende de los tipos de rocas y minerales que hay en la superficie. Los mares son regiones ricas en basalto, una roca ígnea, de color gris oscuro, que se origina en el manto;

mientras que en las regiones altas prevalecen el feldespato, gabro y anortosita, esta última es una roca rica en óxido de titanio (figura 3) de color café claro. Solo para dar un ejemplo práctico, el basalto se ha utilizado mucho para pavimentar caminos de piedra y para construir edificios y el óxido de titanio, comúnmente llamado "blanco de España" es la materia prima para fabricar las pinturas de color blanco. La diferencia de color implica también que las rocas más claras reflejan más la luz solar incidente,

mientras que las rocas oscuras absorben más y por lo tanto reflejan menos. La relación entre la cantidad de luz que incide y la que es reflejada, se denomina albedo cuyo valor varía entre 0 (refleja el 0%) y 1 (refleja el 100%).

A pesar de que la Luna se vea muy brillante y, en una noche de plenilunio hasta podemos leer un libro utilizando como única fuente de luz la que refleja nuestro satélite, en realidad su albedo medio es bajo, solo refleja el 13.6% de la luz





solar que recibe, es decir que en realidad la Luna es de un color gris oscuro. Se ve muy brillante porque el fondo del cielo es prácticamente negro. En la figura 4 se muestran los valores de reflectancia promedio medidos en diferentes regiones lunares. Esa gráfica muestra claramente la gran diferencia que hay entre las regiones oscuras de bajo albedo (mares y lagos) y las regiones altas que están plagadas

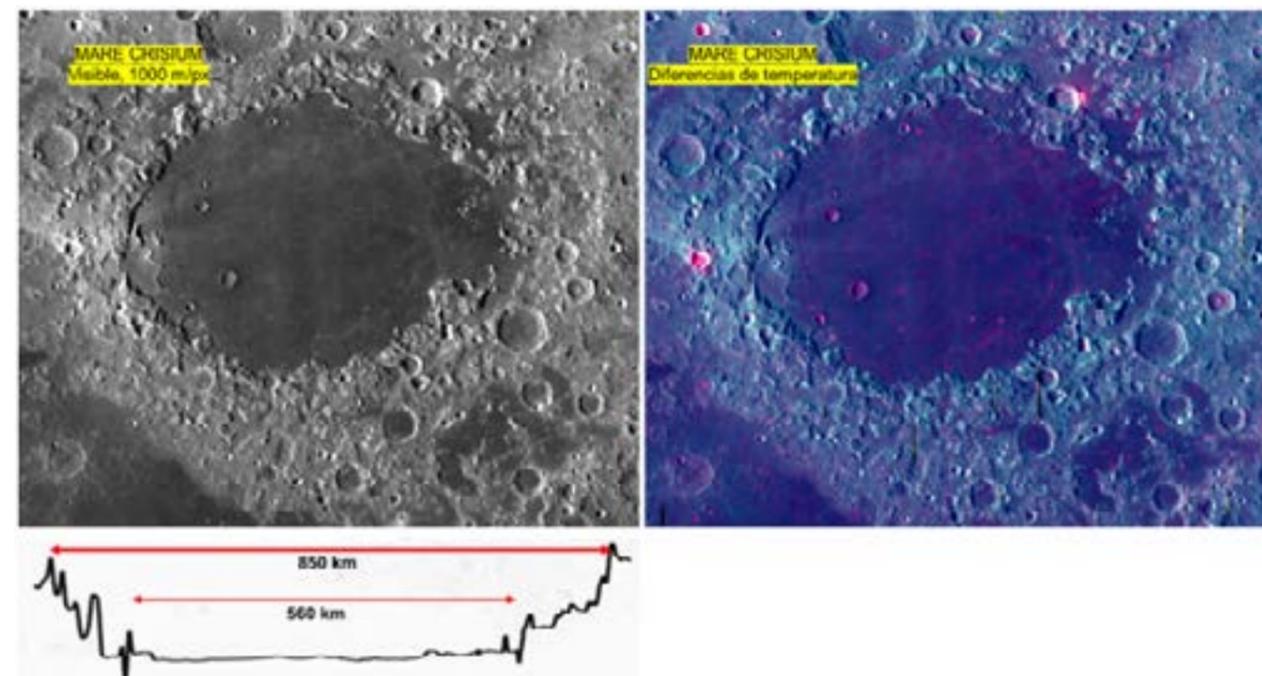
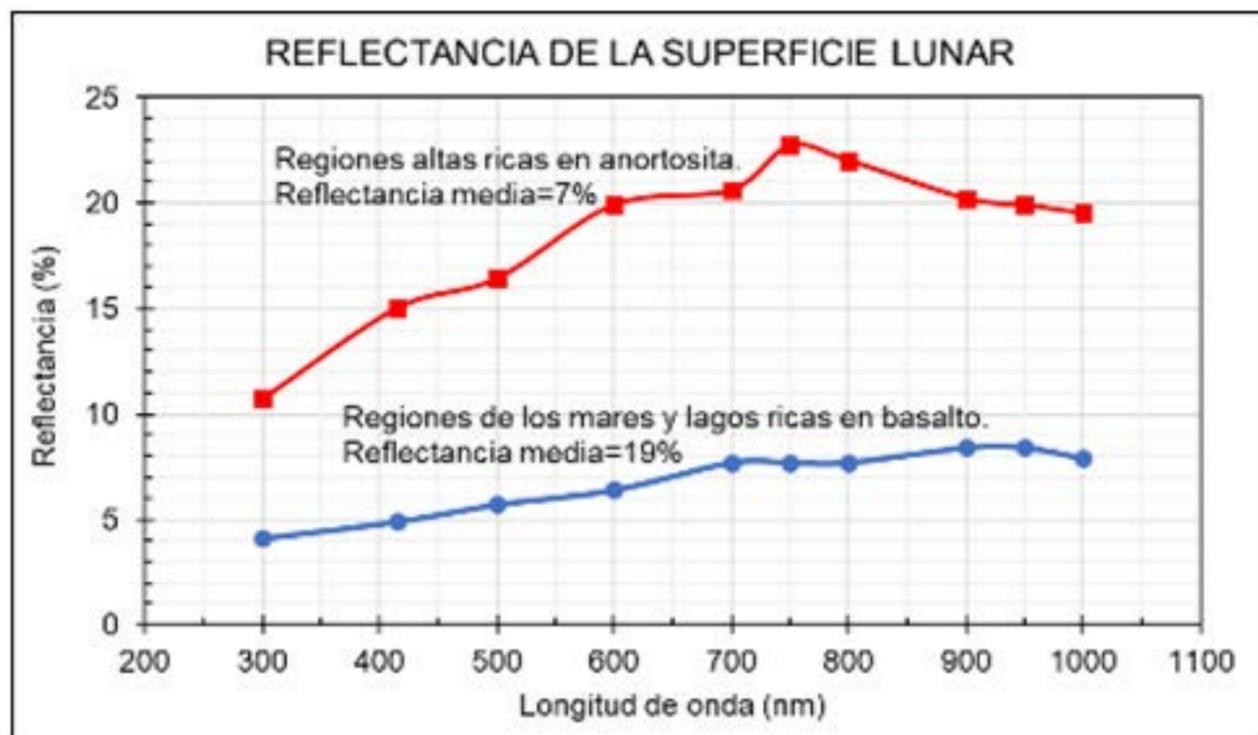
en cráteres de todo tipo y tamaño y son más claras por lo tanto de alto albedo.

Es sabido que el blanco refleja la mayor parte de la radiación electromagnética incidente y que el negro la absorbe, por eso no es una buena idea salir a la calle con una playera negra cuando "hay mucho Sol". Esto es porque la playera negra absorbe la radiación (sobre todo la in-

**Figura 5.** ▶  
Izquierda: fotografía del mare Crisium y de las regiones aledañas. La fotografía abarca una región de 850 km (eje horizontal) x 805 km (eje vertical) y tiene una resolución de 1000 m/px.  
Derecha: representación de las diferencias de la temperatura media nocturna medidas en la región del Mare Crisium. El azul indica menores diferencias y el rosa mayores diferencias.

◀ **Figura 3**  
Diferentes tipos de rocas lunares que muestran diferentes color y albedo.

▼ **Figura 4**  
Reflectividad de las regiones claras y oscuras de la Luna. Las regiones oscuras (mares y lagos) contienen basalto que es una roca oscura. Las regiones más claras y brillantes (tierras altas) contienen anortosita que es una roca muy clara.



frarroja) y se calienta manteniendo el cuerpo mucho más caliente de lo que debería estar. Lo mismo ocurre en la Luna, los mares absorben más energía que las regiones altas por lo que su temperatura es un poco mayor durante el día respecto a las regiones más claras. Durante la noche lunar, los mares, mantienen temperaturas superficiales superiores a las de las regiones cercanas en las que prevalece el regolito fino y contienen muchos cráteres. En la figura 5 se muestra la termografía de una región de la Luna centrada en el Mare Crisium. Los colores representan las diferencias entre las temperaturas medias medidas durante la "noche lunar". El color azul implica una diferencia de 4° y el rosa una diferencia de hasta 16°. La región en el interior del Mare Crisium es muy oscura (parte superior de la figura 5) porque es rica en basalto, mientras que las regiones que rodean el mare Crisium son mucho más claras por lo que se enfrían más fácilmente.

Lo anterior se explica porque el regolito y las rocas tienen diferen-

te conductividad e inercia térmica. La conductividad térmica (k) de un material es una medida de su capacidad para conducir calor mientras que la inercia térmica está dada por  $I = \sqrt{k\rho c}$ . Donde  $\rho$  es la densidad y  $c$  es la capacidad calorífica específica. La inercia térmica determina que tan fácil es que un material gane o pierda energía, es decir que tan fácilmente reacciona a un cambio en la cantidad de energía aplicada. Además, las características térmicas de las rocas de diferente composición química no son las mismas. El basalto es una roca compuesta principalmente de silicatos de hierro y magnesio mientras que los feldespatos contienen calcio, sodio, aluminio y silicio. Esto es de fundamental importancia porque cada mineral absorbe y refleja luz en diferentes longitudes de onda de la región infrarroja dando la posibilidad de identificarlos de manera remota y poder determinar de qué tipo de asteroide podrían provenir. También influye la estructura cristalina de cada una de las rocas y la manera en la que

se han producido, no es lo mismo una roca ígnea que una sedimentaria. Las características físicas y químicas de cada roca reflejan su historial y dependen de qué manera se han fragmentado o han estado expuestas a la radiación solar y a la radiación cósmica. A eso hay que agregarle que la temperatura, igual que cualquier otro tipo de energía, no se transmite y se propaga de la misma manera en un medio continuo, como puede ser una roca sólida de gran tamaño, que en un medio granulado discontinuo. En la roca sólida la temperatura se transmite por contacto, mientras que en un medio granulado se transmite por contacto entre los granos que están tocándose, pero también hay una separación entre muchos de ellos por lo que la energía térmica solo se puede propagar por radiación. Esto es mucho menos eficiente provocando que la superficie lunar pueda ser muy caliente pero pocos centímetros debajo de la superficie puede haber temperaturas tan bajas que permiten la presencia de hielo.

Esta diferencia en las características térmicas es muy importante y tiene aplicaciones prácticas en nuestra vida diaria. Por ejemplo, cuando se prende una fogata y se hace un cerco de piedras, es necesario verter agua o cubrirlas con arena después de haber apagado el fuego, de lo contrario se puede provocar un incendio, esto es precisamente porque las rocas absorben mucha energía cuando se encuentran expuestas al calor de la flama y tardan mucho en enfriarse, en cambio la arena disipa la energía calorífica adquirida en muy poco tiempo. Es precisamente por esta razón que se utilizan piedras y no arena, cuando en un día de campo, se quiere cocinar o mantener la carne asada caliente. Además, la arena o el regolito fino son buenos aislantes térmicos, aunque en superficie su temperatura sea elevada, pocos centímetros por debajo la temperatura es mucho más baja. Así que cuando estamos en la playa, y no disponemos de una hielera, colocamos los refrescos bajo unos 10 cm de arena para mantenerlos fríos.

En la Luna y en otros cuerpos que carecen de atmósfera que además, tienen periodos de rotación muy lentos, durante el día las rocas se calientan lentamente pero estando expuestas al Sol por mucho tiempo, almacenan una gran cantidad de energía. Por el contrario, la arena se calienta muy rápidamente, pero, pierde toda la energía absorbida en poco tiempo, por lo que se enfría con facilidad. Esto lo podemos constatar cuando vamos a la playa. En la mañana la arena es fría y podemos caminar sin problemas descalzos, lo mismo ocurre si caminamos, a la misma hora, sobre un acantilado cercano a la playa. Después de unas tres horas, durante las cuales la arena

y las rocas del acantilado han estado expuestas al Sol, podemos seguir caminando descalzos sobre las rocas (su temperatura ha subido pocos grados), pero no es nada agradable hacerlo sobre la arena porque ya está muy caliente.

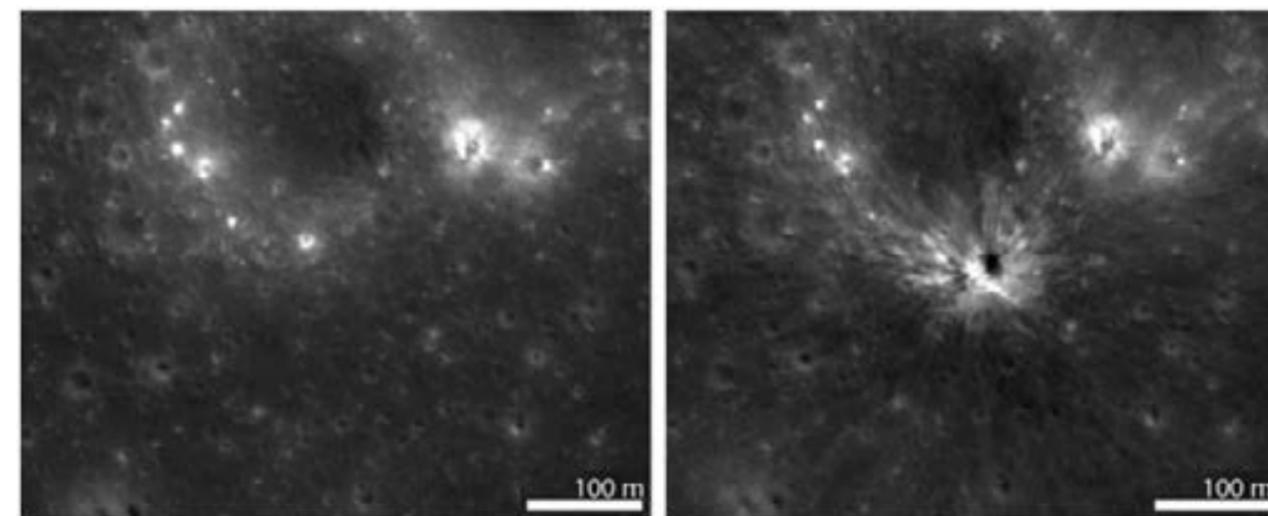
### Rocas y regolito, ¿cómo diferenciarlos?

Utilizando los conceptos anteriormente expuestos es posible reconocer las zonas en las que hay gran abundancia de rocas y diferenciarlas de las que se encuentran cubiertas por una espesa capa de regolito fino. Ahora hay que aclarar algunos conceptos para evitar que el lector no experto en geología no se confunda. Se define "roca" (Boulder en inglés) a un fragmento que mida por lo menos 256 mm, mientras que un guijarro (cobble en inglés) es un fragmento con un tamaño entre 64 mm y 256 mm. El regolito está conformado por fragmentos cuyo tamaño es menor a 10 mm, correspondiente a gravilla o arena.

Para determinar el origen y las consecuencias de varios de los procesos geológicos (por ejemplo, deslizamientos, avalanchas, cráteres de impacto, entre otros) que ocurren en la Luna es necesario diferenciar entre regolito y bloques (o megabloques cuando las dimensiones son de varios metros hasta cientos de metros) y es muy importante determinar la posición y la distribución de tamaños de los bloques en diferentes regiones.

En las últimas décadas se han enviado naves espaciales para realizar estudios detallados de varios cuerpos del Sistema Solar. Podemos mencionar además de la Luna, Marte, el cometa 67P/Churyu-

*Figura 6. ► Cráter recién formado en la superficie de la Luna en el que se aprecia que parte de la eyecta es de color claro. La fotografía de la izquierda (imagen número M1119014742L) fue tomada antes del 14 de marzo de 2014, fecha en la que se tomó la fotografía de la derecha (imagen número M1119014742L) en la que, en la misma región, apareció un pequeño cráter de 34 metros de diámetro.*



mov-Gerasimenko, los asteroides Itokawa, Eros, Riugu, Bennu, Vesta y el planeta enano Ceres. Todos estos cuerpos han sido analizados con varios instrumentos y se han fotografiado con cámaras de alta definición y desde muy baja altura, permitiendo obtener imágenes muy detalladas con las que es posible estudiar la estructura y composición de su superficie. Saber cuántas rocas hay, cuál es su tamaño, dónde se localizan, cómo se distribuyen y cómo se desplazan sobre la superficie es de fundamental importancia porque permite comprender muchos de los fenómenos que han ocurrido y los que pueden estar ocurriendo sobre esos cuerpos celestes. Por ejemplo la formación de un nuevo cráter, las sacudidas del suelo debidas a la actividad sísmica, pueden provocar una o más avalanchas que desestabilizan los bordes de los cráteres y generan avalanchas de rocas que rellenan el fondo o reducen la altura de los bordes del cráter. Si este proceso se repite varias veces (aunque los tiempos sean muy lentos) en algún momento ese cráter puede desaparecer.

Hay varios fenómenos que solos o en conjunto, modifican la for-

ma, el tamaño, la estructura y la mineralogía de las rocas. En los cuerpos que carecen de atmósfera o es extremadamente tenue como es el caso de la Luna, el deslizamiento, las colisiones, los sismos, las avalanchas, el estrés térmico y la erosión debida a la acción de la luz ultravioleta, la interacción con los rayos cósmicos y el bombardeo constante de micro meteoritos, son eventos que tienen la capacidad de cambiar la química y la estructura de las rocas. Todos estos fenómenos provocan que las rocas de grandes dimensiones se fragmenten convirtiéndose en regolito y a su vez, el regolito se convierta en polvo. La acción de la luz ultravioleta y los rayos cósmicos modifican la química de las rocas y no solo desprenden gases, rompen las moléculas y cambian la estructura cristalina, sino que cambian el color y la reflectancia de las rocas y del regolito. El material se vuelve mucho más oscuro y opaco por lo que también se modifican sus propiedades térmicas. Ese cambio de color es la razón por lo que, cuando hay una colisión recién ocurrida, parte de la eyecta, la que corresponde al material que es escarbado desde abajo de la superficie, se ve mucho más

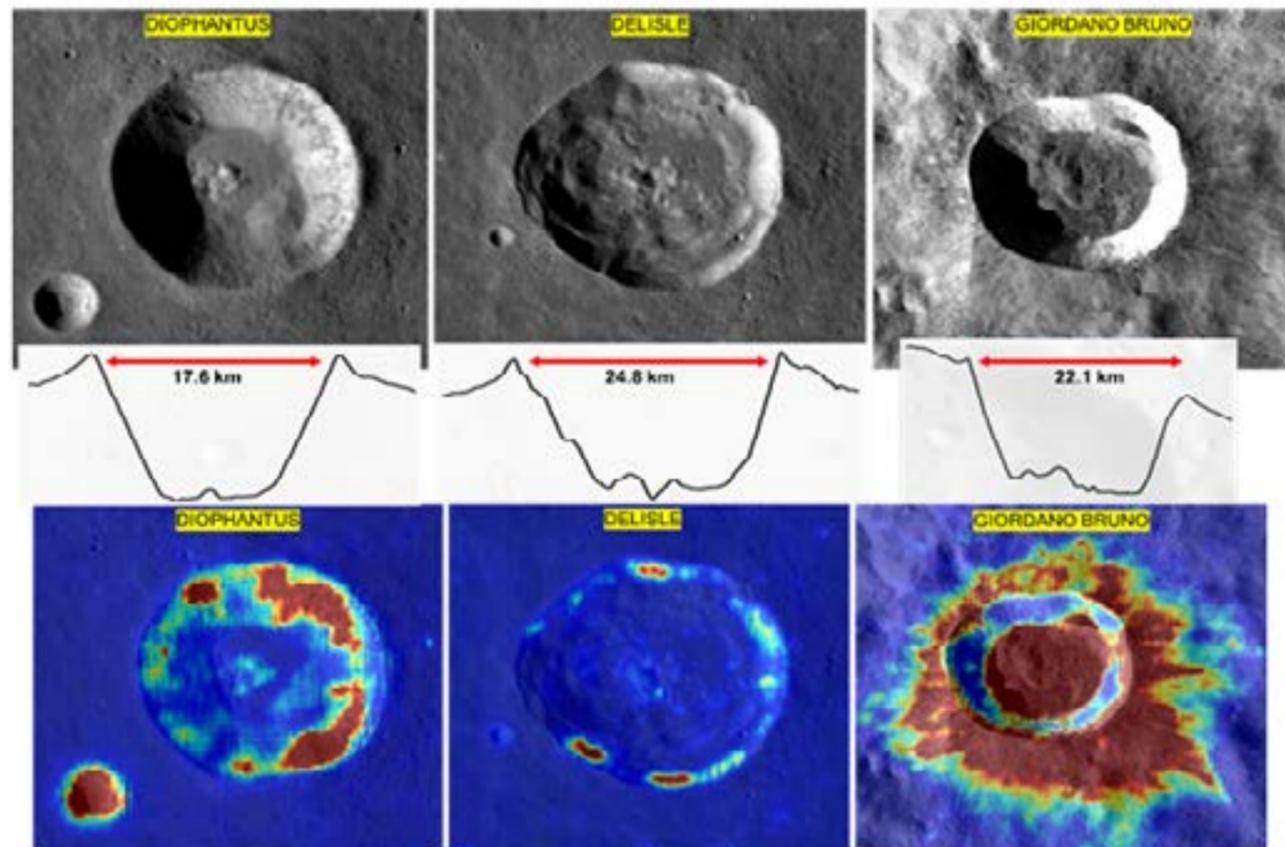
claro y brillante porque el regolito que estaba encima de él, lo protegía de la radiación cósmica, la luz ultravioleta y del bombardeo de micro meteoritos y, por ende, de la erosión química y mecánica. En la figura 6 se muestra uno de estos cráteres recién formados y detectados por las fotografías tomadas por la nave LRO y enviadas a Tierra de manera continua y constante.

### Cráteres recientes y antiguos

Hay varias maneras para determinar la edad o la antigüedad de un cráter. El número de colisiones no es ni ha sido constante en el tiempo, pero se puede determinar si ha transcurrido mucho tiempo desde la formación de algún cráter. Por ejemplo, si hay un gran número de pequeños cráteres en su interior, los cuales obviamente se formaron más recientemente, significa que el cráter en cuestión es muy antiguo. Esta técnica denominada "conteo de cráteres" no es perfecta, pero es una buena aproximación. Uno de los puntos débiles, de más importancia, en el uso de esta técnica es que no se toma en cuenta que muchos de los

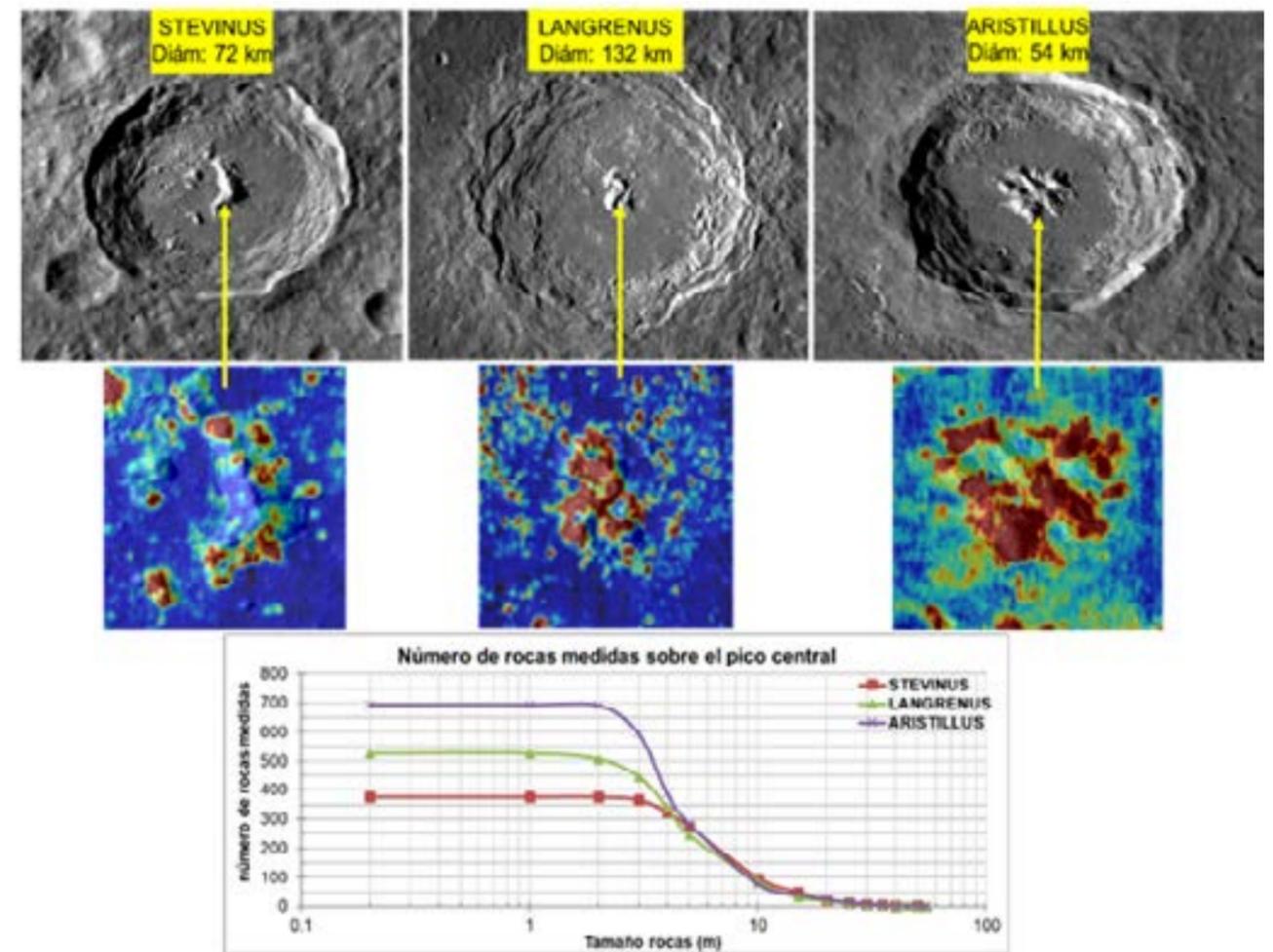
cráteres de pequeñas dimensiones observados en el interior o cercanos al cráter principal o primario, podrían haberse formado al mismo tiempo que el cráter principal. Esto es porque muchos fragmentos expulsados verticalmente, pueden tener suficiente energía cinética para formar varios cráteres más pequeños. Otra manera para determinar si un cráter es más antiguo que otro es tratar de llevar a cabo una comparación entre el número de rocas en su interior (o en los bordes) y de su distribución de tamaños. Mientras más tiempo haya transcurrido, mayor será la acción de los procesos erosivos por lo que la cantidad de rocas tiende a disminuir con el paso del tiempo y por consiguiente aumenta la cantidad de regolito. Además, después de mucho tiempo el intemperismo provoca el oscurecimiento de las rocas. Para poner en evidencia esta fenomenología se

presentan, en la figura 7, tres cráteres de tamaño similar, pero con dos grandes diferencias. La primera es que dos de ellos se encuentran en una región muy antigua en la orilla oriental del Mare Imbrium, mientras que el tercero se formó en una de las regiones altas en la orilla del hemisferio invisible de la Luna. Los dos cráteres en el mare Imbrium son el Delisle de 25 km de diámetro y 2.6 km de profundidad y el otro es el Diophantus con un diámetro de 18 km de diámetro y 3.1 km de profundidad; el tercer cráter, localizado en las tierras altas, denominado Giordano Bruno, tiene un diámetro de 22 km y una profundidad de 1.6 km. La segunda gran diferencia es que Delisle y Diophantus se calcula que sean coetáneos del cráter Eratosthenes (edad calculada entre 1100 y 3200 millones de años) y Giordano Bruno es uno de los cráteres más recientes y de un tamaño relativa-



**Figura 8.** ► Fotografía de los cráteres complejos Stevinus, Langrenus y Aristillus en la Luna. En la parte central se muestran las imágenes térmicas de sus respectivos picos centrales en las que el color rojo representa la presencia de rocas y el azul el regolito. En la parte inferior se muestra la gráfica de la cantidad de rocas encontradas en una superficie de 2.5 km<sup>2</sup> de cada pico central.

▼ **Figura 7** Fotografías de los cráteres Delisle, Diophantus y Giordano Bruno y sus respectivas imágenes térmicas en las que se aprecia la diferencia entre las cantidades de rocas (áreas rojas) presentes en cada uno de ellos con respecto a las zonas cubiertas por regolito (áreas azules).



mente grande que se encuentran en la Luna, ya que se calcula que su edad sea de solo 4 millones de años. En las imágenes térmicas es muy obvia la diferencia entre la cantidad de rocas en los tres cráteres. Mientras mayor sea la superficie ocupada por las zonas coloreadas de rojo mayor es la cantidad de rocas presentes en cada uno de los cráteres.

Distribución de tamaños de rocas La superficie de la Luna, Marte y algunos cometas (por ejemplo, el 67P/Churyumov-Gerasimenko) y asteroides (por ejemplo: Ryugu, Bennu, Itokawa y Eros) ha sido fotografiada en muy alta resolución permitiendo obtener mapas con resolución de 25 cm por píxel o

hasta menos. Gracias a estas imágenes es posible reconocer si el terreno se compone de partículas muy finas, como por ejemplo polvo o granos de arena, o de grandes rocas. Inclusive es posible contar y determinar la posición y distribución de aquellas rocas que midan al menos un par de metros. Obviamente para aquellos objetos en los que ha ocurrido el aterrizaje de un rover o una sonda, se pueden medir y contar hasta los granos de arena.

En la figura 8 se presentan los resultados de las mediciones del tamaño de las rocas que se han realizado en los picos centrales de los cráteres lunares Stevinus, Langrenus y Aristillus, todos de tipo

complejo y de diferente diámetro. Las mediciones se han realizado en una superficie de 2.5 km<sup>2</sup> exactamente en la cúspide de los picos centrales y se han podido medir rocas cuyo tamaño va entre poco menos de 1 m hasta 57 m. En la figura se muestran las fotografías de cada uno de los cráteres y de la imagen térmica del pico central en la que se aprecia claramente la enorme diferencia en la cantidad de rocas. En dicha figura la cantidad de rocas está codificada por medio de colores, el rojo indica una mayor cantidad de rocas mientras que el azul indica más cantidad de regolito. El cráter Aristillus posee un pico central que ha sido poco deteriorado, mientras que el pico central del cráter Stevinus

tiene la apariencia de haber sufrido una mayor cantidad de erosión por lo que la cantidad de rocas y la región en la que se encuentran es muy reducida. En la gráfica de la figura 8 se muestra el número de rocas medidas en cada uno de los picos centrales y es claro que el pico central del cráter Aristillus es mayor que el de los otros dos cráteres. Sin embargo, es interesante el hecho de que el número de rocas superiores a 5 metros es independiente del tamaño del cráter y de la apariencia del pico central, puesto que las tres curvas se superponen. En cuanto a las rocas de tamaños inferiores, el número de las rocas encontradas en el pico central del cráter Aristillus casi duplica el de número de las que fue posible medir en el pico central del cráter Stevinus. La cantidad de las rocas menores a 5 metros en el cráter Langrenus es intermedio entre los dos anteriores, aunque su pico central sea aparentemente el más erosionado si se observan en las fotografías en luz visible. Esto demuestra que la información obtenida en el visible debe ser complementada con la recabada en la región del infrarrojo para poder determinar las características de los cráteres.

### Ejemplos de análisis fotográficos y térmicos

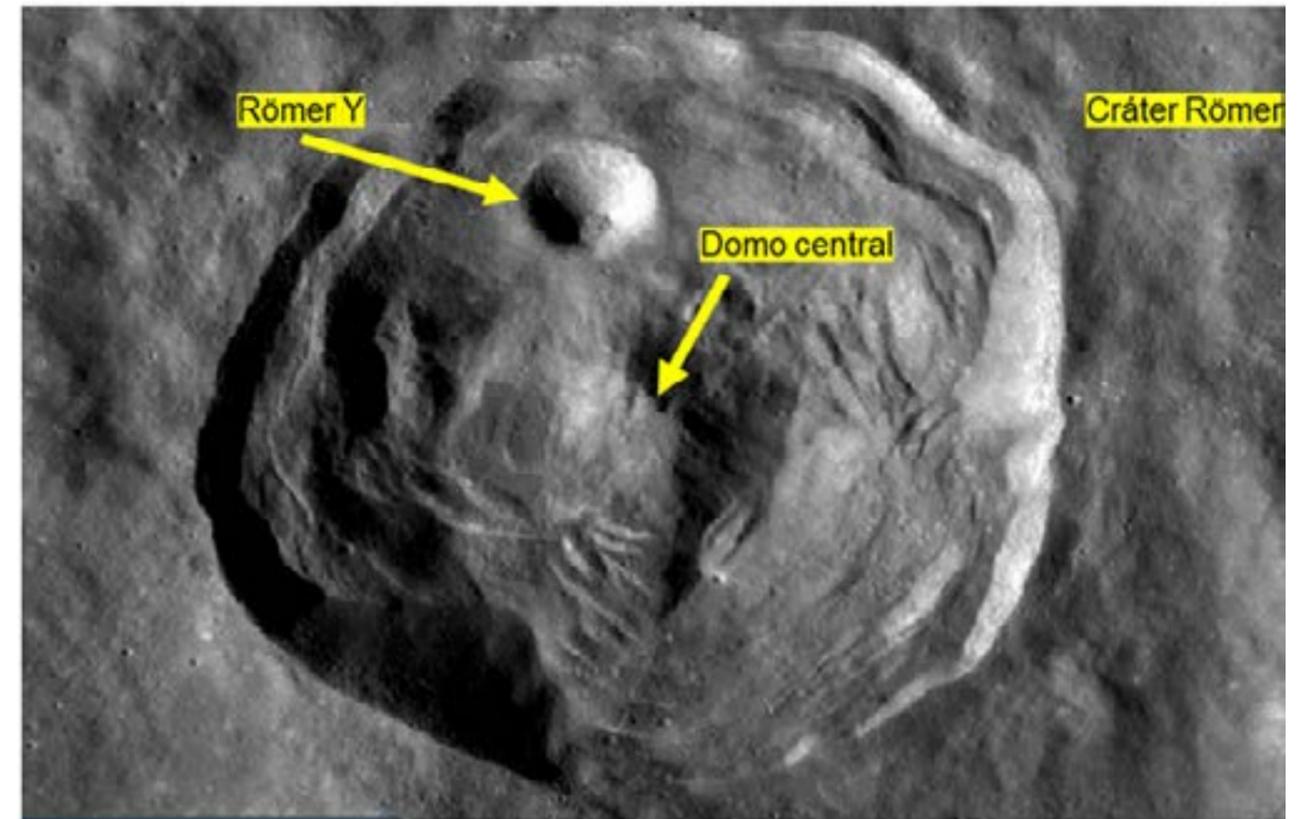
Las fotografías de alta resolución permiten realizar un análisis detallado en regiones muy específicas. Una imagen con una determinada resolución permite reconocer objetos que tengan por lo menos 2 píxeles de lado, pero para mayor seguridad es mejor utilizar 4 píxeles, por lo que si utilizamos fotografías con resolución de 50 cm/px se puede medir, con bastante certeza, una roca que tenga una dimensión

mínima de 2 m. Cualquier cosa que mida menos de la resolución mínima de la fotografía no será posible reconocerla o distinguir su forma real, por lo que si estamos observando una región en la que hay arena o regolito fino no se verá detalle alguno, sino solo una región "plana". Por ejemplo, si observamos una pila de arena desde una distancia de 100 m, solo veremos la pila y ninguno de sus detalles. En estos casos es fácil confundir una región en la que hay apilamiento de arena o regolito fino con una zona de material fundido.

Vamos a ilustrar lo anterior con un ejemplo. En la figura 9 se muestra el cráter Römer de 43.7 km de diámetro y una profundidad media de 3.2 km. Este cráter posee un domo en el centro cuya altura, con respecto al fondo, alcanza los 1550 metros. En el interior del cráter, entre el borde norte y el domo central hay otro cráter, mucho más pequeño, denominado Römer Y, cuyo diámetro es de 6.3 km y tiene una profundidad media de 1000 metros.

Las flechas amarillas en la figura 10A indican dos regiones en el interior del cráter que poseen características muy distintas entre sí en cuanto a cantidad de rocas y de regolito, las cuales son indistinguibles entre sí en las fotografías de baja resolución. Utilizando las fotografías de mayor resolución disponible se observa que en la cima del domo central hay una gran cantidad de rocas cuyo tamaño llega a medir más de 13 m. Aunque toda la parte superior del domo central contiene grandes cantidades de rocas y bloques su número y dimensiones son distintos en diferentes áreas como se puede ver en los dos ejemplos mostrados en las figuras 10B y 10C. En cambio, en las regiones

*Figura 9. ► Cráter Römer (Luna): latitud norte=25.42483°; longitud este=36.40448°. Este cráter tiene un domo en el centro y un cráter secundario cerca del borde norte.*

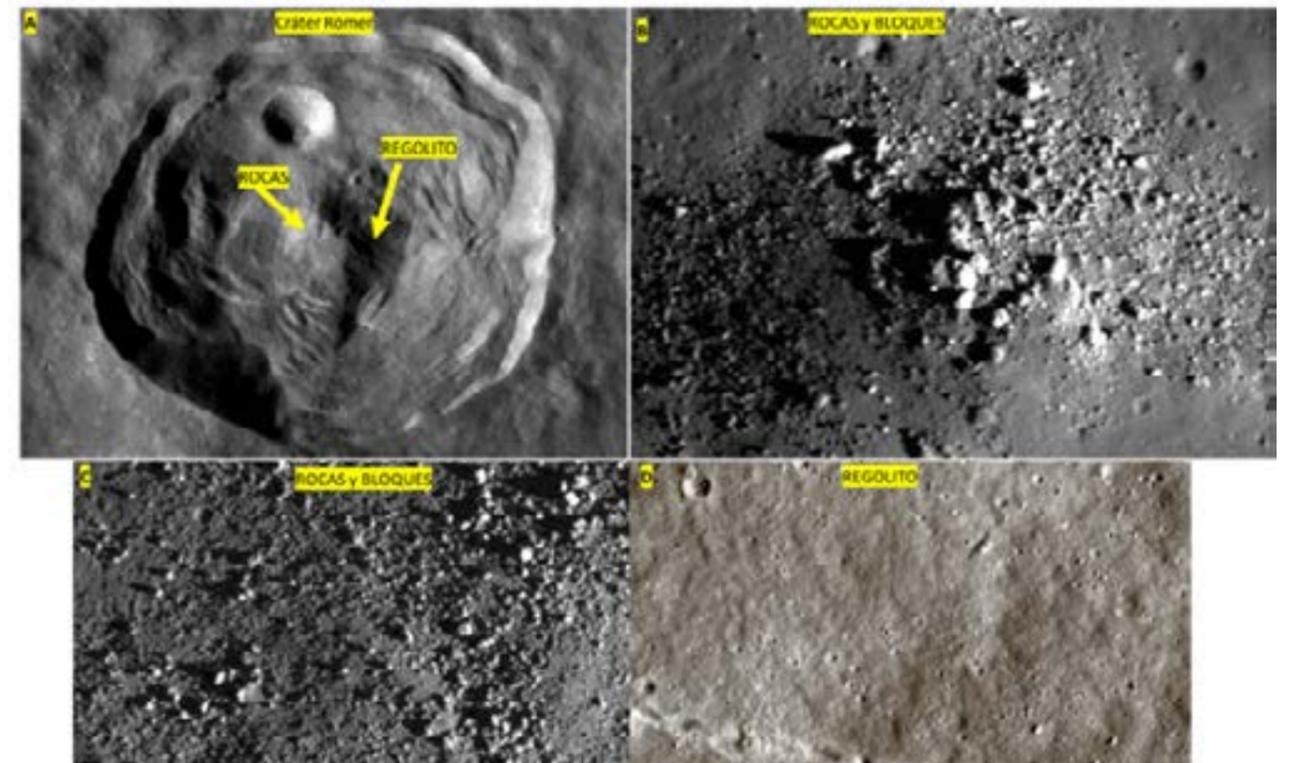


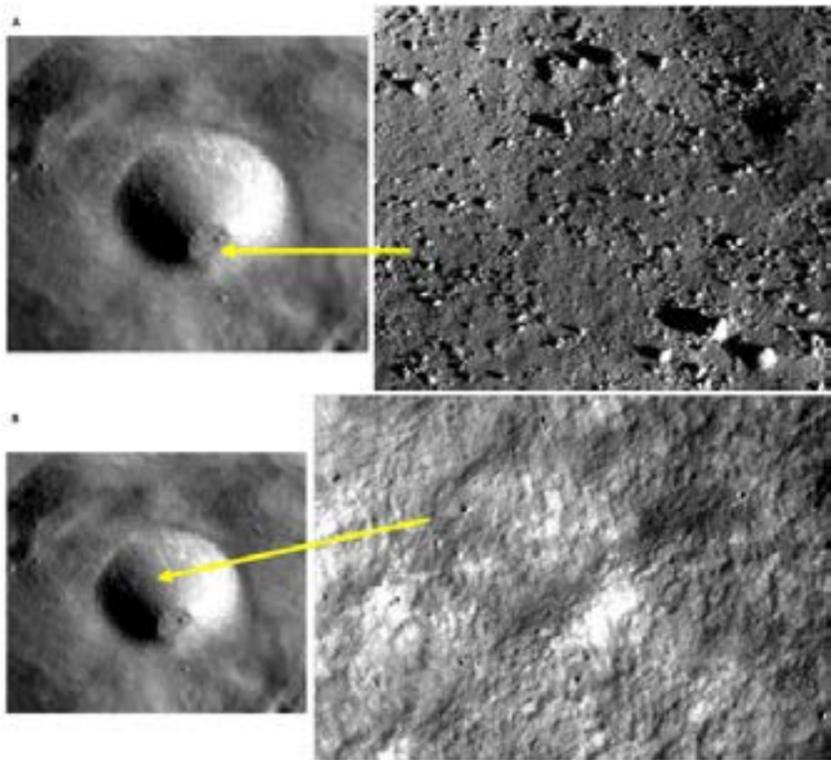
correspondientes al fondo del cráter (figura 10D) lo que domina es el regolito y solo presenta algunas rocas que posiblemente se hayan

deslizado por los bordes del domo central o hayan llegado por medio de vuelo balístico desde cráteres vecinos.

En la figura 11 vamos a ver en detalle, dos regiones en el interior del pequeño cráter Römer Y, una cerca del borde sur y otra cerca del

*Figura 10. ► Fotografía del cráter Römer. B y C) Zonas en la cumbre del pico central que contienen muchas rocas (resolución de 50 cm/px). D) Zona en el fondo del cráter en la que hay regolito y pocas rocas..*





◀ *Figura 11*  
Detalle del cráter Römer Y. En ambas fotografías, el cráter completo está retratado con una resolución de 41.6 m/px, mientras que las representaciones detalladas tienen una resolución de 0.5 m/px. A) Región rica en rocas. B) Región en la que solo hay regolito.

borde norte. En la parte inferior del cráter, la que se encuentra más cercana al domo central, hay muchas rocas cuyo tamaño va desde un par de metros hasta 12 m (las dos más grandes cerca de la esquina inferior derecha de la figura 11A). En la región norte de este pequeño cráter, la cual se ve prácticamente idéntica a la meridional en las fotografías de baja resolución, nos llevamos una sorpresa porque el panorama es completamente distinto. Observando la figura 11B no se aprecia detalle alguno, esto no significa que no haya rocas, sino que todo el material en la superficie tiene dimensiones mucho menores a medio metro, es decir es una zona rica en regolito.

Este tipo de análisis es muy útil cuando se trata de regiones relativamente pequeñas (pocos kilómetros cuadrados) sin embargo, cuando las superficies de interés son muy amplias, es necesario recurrir a las imágenes tomadas con

las cámaras infrarrojas. Las imágenes térmicas pueden ofrecer pistas acerca de las regiones en las que se pueda tener interés en realizar un estudio mucho más detallado en alta resolución. En la figura 12 se muestra la imagen térmica de la parte central del cráter Römer Y que abarca también el cráter Römer Y. En el inserto se muestra la fotografía, en el visible, de la misma zona y se han marcado las regiones del domo central y cerca de él en las que hay abundancia de bloques y de regolito. Si se comparan las fotografías en alta resolución de la figura 11 con las zonas marcadas en rojo de la figura 12, se observa que hay coincidencia, en el domo central y en la parte sur del cráter Römer Y abundan los bloques, mientras que alrededor del domo abunda el regolito.

### Conclusiones

Las propiedades térmicas de los materiales permiten discriminar

► *Figura 12.*  
Imagen térmica de la parte central del cráter Römer Y que incluye el cráter Römer Y.

entre rocas de grandes dimensiones y regolito fino. El tiempo que tardan en enfriarse, después de haber estado expuestas a la radiación solar durante el día, es muy largo para las rocas y muy breve para el regolito. Tomando fotografías utilizando cámaras capaces de detectar la parte infrarroja del espectro electromagnético es posible determinar cuales son las regiones en las que abundan las rocas o el regolito. Debido a que la inercia térmica de cada roca depende de su composición y sobre todo de su tamaño, se puede llevar a cabo una estimación de las dimensiones a partir de la temperatura que alcanzan durante la noche.

### Referencias

Bartali R., Colli M., 2020. Mares lunares. Meteoritos núm. 19, enero 2020, pp: 10-27. ISSN:2605-2946.

Williams, J. P., Paige, D. A., Greenhagen, B. T., & Sefton-Nash, E. (2017). The global surface tempe-

ratures of the moon as measured by the Diviner Lunar Radiometer Experiment. Icarus, 283, 300-325.

Zou Y.-L., Liu J.-Z., Liu J.-J., Xu T., 2004. Reflectance Spectral Characteristics of Lunar Surface Materials. Chin. J. Astron. Astrophys. Vol. 4 (2004), No. 1, 97-104. DOI:10.1088/1009-9271/4/1/97.

### Créditos imágenes

Fig 1.- (NASA's Goddard Space Flight Center/Debbie McCallum) [https://www.nasa.gov/sites/default/files/thumbnails/image/lro-diviner\\_20080416\\_hi.jpg](https://www.nasa.gov/sites/default/files/thumbnails/image/lro-diviner_20080416_hi.jpg)

Fig 2.- Williams et al., 2017.

Fig 3.- Cortesía de José García.

Fig 4.- Datos cortesía de: Zou et al. 2004. [http://www.raa-journal.org/docs/ChJAA/2004/2004\\_4\\_1p97.pdf](http://www.raa-journal.org/docs/ChJAA/2004/2004_4_1p97.pdf)

Fig 5.- LRO/Diviner/NASA/ASU.

Fig 6.- NASA/GSFC/Arizona State University, <http://lroc.sese.asu.edu/posts/810>

Fig 7.- Datos de NASA/LROC.

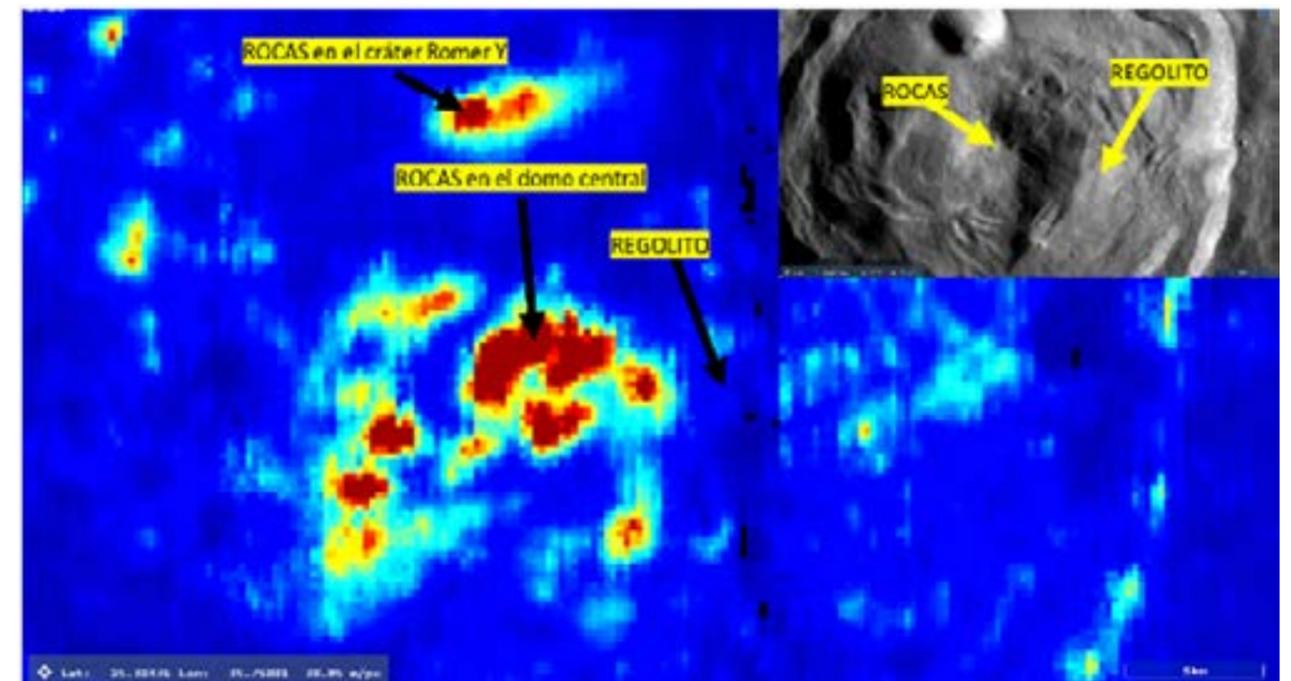
Fig 8.- NASA/LROC/ASU, Roberto Bartali.

Fig 9.- NASA/LROC/ASU

Fig 10.- NASA/LROC.

Fig 11.- NASA/LROC/ASU

Fig 12.- NASA/LROC/Diviner





## HERMINIO RODRIGUEZ POZO. Profesor de primaria en Torre de la Reina (Sevilla).

El escritor español de la generación del 98, Pío Baroja dijo una vez que las anécdotas son las que conforman la historia, pues bien, aquí tenemos una nacida en Pozoblanco (Córdoba), donde se pone de manifiesto que no hay disciplinas incompatibles, cuando se trata de mirar al progreso de la Humanidad.

El inicio de ese singular vínculo entre la Cofradía de la Virgen de la Luna con las Misiones Apolo NASA (un proyecto estadounidense en respuesta a la supremacía soviética en el espacio que estuvo propiciado por el presidente Kennedy, en el año 1961), responde a la romántica y atrevida iniciativa, de un hombre valiente, de progreso y con un espíritu de

expansión de sus tradiciones, Felipe Sánchez Urbano, secretario de la hermandad por aquellos entonces. Se propuso con inocencia, pero al mismo tiempo con determinación, haciendo suya esa frase que te hace alcanzar cualquier sueño, "todo es posible si se cree en ello". Prueba de ello, es que consiguió enviar con éxito, una serie de misivas mecanografiadas a la NASA con motivo de las Misiones Apolo a la Luna, teniendo como intermediaria la Embajada de los Estados Unidos en España. Quería que su pueblo llegase a ese nuevo límite alcanzando por el ser humano, como fue el aterrizaje en la superficie lunar, el 20 de julio de 1969 a las 20:17:40 UTC en el Mar de la Tranquilidad. La NASA,

con esa elegancia que siempre ha caracterizado a la Administración Espacial Americana, principalmente en lo concerniente a los detalles de su imagen y reputación en el mundo, remitió en primera instancia (1969), como deferencia y agradecimiento, una carta sellada y firmada por parte de todos los componentes de la Tripulación del Apolo XI (Comandante de la misión Neil A. Armstrong, de 38 años; Edwin E. Aldrin Jr., de 39 años y piloto del LEM, apodado Buzz; y Michael Collins, de 38 años y piloto del módulo de mando), además de imágenes autografiadas.

Tras su exitoso aterrizaje lunar, la tripulación del Apolo 11 se embarcó en una gira de buena voluntad internacional apodada "Giant Leap" a instancias del presidente de los Estados Unidos, Richard Nixon. Visitaron 29 ciudades en 24 países en solo 38 días. Desde Tokio hasta Kinshasa, millones de personas (incluido un estimado de 1,5 millones solo en Mumbai) asistieron a ver a los astronautas. Mientras la tripulación se preparaba para visitar España, la revista La Actualidad Española comenzó a anunciar la próxima visita con imágenes de los astronautas recortadas en trajes de torero. Cuando la tripulación llegó a Madrid, España, en octubre de 1969, la revista envió a tres famosos toreros a recibir a los astronautas en su hotel llevando montera como regalo. Aprovechando este momento histórico para nuestro país, la Cofradía aprovechó para invitarles a Pozoblanco.

Este intercambio de correspondencias entre Cofradía y la NASA, tuvo continuidad con algunas misiones más del Pro-

grama Apolo, recibiendo una contestación de agradecimiento por las imágenes enviadas de la Patrona de Pozoblanco, por parte de la última tripulación que estuvo en la Luna, XVII (Comandante Eugene Cernan, el piloto del módulo de comando Ronald Evans y el piloto del módulo lunar Harrison Schmitt).

Sin lugar a dudas, esta relación epistolar con la NASA, complementa el papel tan decisivo que tuvo España en la consecución de la hazaña del Apolo 11, hasta el punto que el propio Neil Armstrong dijo en su visita a nuestro país (1969): "Sin la participación española, esta misión no hubiera sido posible". En este sentido, es justo recordar la Instalación en Fresnedillas de la Oliva, (a 50 km de Madrid) de una serie de antenas, para los vuelos espaciales tripulados (MSFN), que sirvieron de auxilio en las comunicaciones aeroespaciales de la agencia NASA durante el programa Apolo, junto a las antenas formaba parte de la Estación Espacial de Robledo de Chavela. Además de la antena de Fresnedillas de la Oliva, estaba Goldstone situada dentro del enclave de Fort Irwin en el desierto de Mojave California (Estados Unidos) y Honey-suckle Creek en las montañas del sudoeste de Camberra (Australia). Todas ellas fueron claves en el seguimiento del Apolo XI. La ubicación de estas tres estaciones, tenía una separación ideal, aproximadamente 120 grados longitudinalmente sobre el globo terráqueo, y así poder obtener una cobertura en la comunicación con la Luna durante las 24 horas.

Para España, Fresnedillas jugó un papel fundamental en la ex-

pansión de la cooperación internacional. Si bien el gobierno estadounidense dudaba en involucrarse con el gobierno autoritario de Franco, España estaba perfectamente ubicada para las necesidades de comunicaciones de la NASA. **Carlos González Pintado**, controlador de comunicaciones de Fresnedillas, destacó la importancia de la estación y la conexión de España con el mundo a través del programa espacial estadounidense. "Estábamos saliendo del útero. No éramos un país del tercer mundo, pero todavía estábamos desarrollándonos, y la instalación de las antenas significó el fin del ostracismo de alguna manera". Como estación de relevo principal para la NASA durante el proceso de aterrizaje, el personal de Fresnedillas ayudó a monitorear la seguridad física y la comunicación de los astronautas durante el proceso de aterrizaje. Pintado, recuerda que el módulo lunar del Apolo 11 aterrizaba a un ritmo más rápido de lo previsto, "Houston propuso abortar la misión, pero Armstrong se hizo cargo de los controles semiautomáticos y, con Buzz Aldrin proporcionándole datos de altitud y velocidad, aterrizó con menos de 30 segundos de combustible". Después de que el módulo lunar del Apolo 11 aterrizó en la superficie de la Luna, las palabras de Armstrong llegaron primero a Fresnedillas, medio segundo antes de ser transmitidas a otras estaciones de monitoreo en todo el mundo: "Houston, base de tranquilidad aquí. El águila ha aterrizado."

En la actualidad, España sigue desempeñando un papel relevante en los programas de vuelos espaciales tripulados de la NASA. El Complejo de Comunicaciones

NUESTRA SEÑORA  
VIRGEN DE LUNA  
PATRONA DE POZOBLANCO  
POZOBLANCO  
(CORDOBA)

COPIA

5  
Pozoblanco, agosto  
1969

Excmo. Sr. Embajador de los EE.UU. en España  
MADRID

Excmo. Sr.:

Nos permitimos adjuntarle tres cartas dirigidas a los astronautas Sres. Armstrong, Aldrin y Collins, con el ruego de que las haga llegar a su poder. Quedándoles muy agradecidos y encareciéndole nos perdone las molestias que ello pueda ocasionarle, le saluda respetuosamente,

Fdo: Felipe Sánchez Urbano  
Secretario.

Cofradia Virgen de Luna  
SECRETARIA  
C/. Guillermo Vizcaino, 2, 4.º E  
Teléfono 100115  
POZOBLANCO

Cofradia Virgen de Luna  
SECRETARIA  
C/. Guillermo Vizcaino, 2, 4.º E  
Teléfono 100115  
POZOBLANCO

Sr. Dn. NEIL ARMSTRONG  
Comandante Jefe del Apolo XI  
CABO KENNEDY

30  
julio  
1969

Muy Sr. maestro:

Con gran emoción hemos seguido la operación "Apolo XI", culminada con tantos éxitos que compartimos todos los hombres de buena voluntad, por lo que lo felicitamos efusivamente.-

Con este motivo, y como el mejor presente que podemos ofrecerle, le adjuntamos una fotografía de la SANTISIMA VIRGEN DE LUNA, Patrona de esta ciudad y titular de nuestra Cofradia, rogándole acepte éste nuestro obsequio en conmemoración de la gran gesta que que han llevado a cabo, siendo los primeros terrestres que han pisado la luna.-

Hemos propuesto a la Autoridad eclesiástica competente que nuestra titular la SANTISIMA VIRGEN DE LUNA sea nombrada Patrona de los Astronautas.-

Que Dios, Nuestro Señor, lo bendiga en unión de sus familiares.

Atentamente le saluda,

Fdo: Felipe Sánchez Urbano.

Cofradia Virgen de Luna  
SECRETARIA  
C/. Guillermo Vizcaino, 2, 4.º E  
Teléfono 100115  
POZOBLANCO

Excmo. Sr. Embajador de los EE.UU.  
MADRID

4  
octubre  
1969

Excmo. Sr.:

Le ruego haga llegar a los Sres. Armstrong, Aldrin y Collins, la carta que adjunto a la presente, en contestación a la que de ellos hemos recibido.-

Quedándole muy agradecido a V.E., le saluda atentamente,

Fdo: Felipe Sánchez Urbano  
Secretario.

Cofradia Virgen de Luna  
SECRETARIA  
C/. Guillermo Vizcaino, 2, 4.º E  
Teléfono 100115  
POZOBLANCO

Sres. NEIL A. ARMSTRONG  
EDWIN E. ALDRIN JR.  
MICHAEL COLLINS

4  
octubre  
1969

Distinguidos amigos:

Recibida su atta. carta fecha 23 de septiembre pasado, les agradezco sinceramente, en nombre de esta Cofradia y en el mio propio, sus frases de aliento para nuestra labor.-

Les deseamos que su próxima visita a España, Madre Patria de las Americas, sea de agrado para Vdes. deparándoles una feliz estancia entre los españoles.-

Aunque lo consideramos imposible, con muchísimo gusto tenemos el honor de invitarlos a pasar unas horas entre nosotros y así poder conocer el Santuario Mariano de Nuestra Patrona.-

Atentamente les saluda,

Fdo: Felipe Sánchez Urbano  
Secretario.

del Espacio Profundo de Madrid (MDSCC) en Robledo de Chavela todavía sirve como uno de los sitios de la Red de Espacio Profundo de la NASA. La antena de Fresnedillas se retiró en 1987, pero fue reutilizada en 2005 por la Agencia Espacial Europea (ESA) con una nueva Antena de Espacio Lejano. Como miembro de la ESA, España contribuye a la Estación Espacial Internacional y otras misiones científicas en el espacio.

Actualizando este hecho, la máxima autoridad de NASA en España también se ha manifestado en los últimos meses, Sr. Anthony Carro, afirmando en este contexto difusión de este relato que, la cooperación entre España y la agencia es anterior al programa Apolo y que aún se mantiene. "El departamento de Historia de la NASA subrayó recientemente esa cooperación y, en particular, mencionó las cartas intercambiadas por Felipe Sánchez Urbano, de la Cofradía de Nuestra Señora de Luna, con los astronautas Armstrong, Aldrin y Collins del Apolo 11. La NASA agradece esta estrecha cooperación con España en la exploración e investigación del espacio para beneficio de la Humanidad".

El destino ha querido que, gracias a un fruto de casualidades, haya contribuido a que esta historia salga del ostracismo más absoluto y coja de nuevo ese brillo de inspiración, fruto de la efeméride de los 50 años de la llegada del ser humano a la luna (2019). Por todo ello, es justo ponerla en lugar que se merece, además nace de la cultura popular, Pozoblanco, pudiéndose interpretar como una clara declaración intenciones de lo que estaba sucediendo en

aquella época en nuestro país, el despertar de un nuevo escenario sociopolítico.

Los documentos que custodia con exquisito celo la Cofradía, desde hace más de medio siglo en sus archivos, son un trozo de nuestra historia, situándose por méritos propios en el Patrimonio de nuestro país, como muy bien destacó, el actual Ministro de Ciencia e Innovación Pedro Duque y deben, por ende, tener ese reconocimiento institucional que se merece, por parte de la comunidad de divulgación científica y gubernamental.

Quizás esta conexión de la NASA con Pozoblanco y sus alrededores, no fue fruto de la casualidad y ya estuviera escrita desde tiempos inmemorables, como un enclave ideal para mirar a esa "ventana del espacio", como nos han dejado constancia nuestros antepasados. Próximo a la Comarca de los Pedroches (Sierra Morena), se encuentran unas pinturas rupestres de la Edad del Bronce (5000 años) en la Cueva de Peña Escrita y otras, donde según los investigadores / científicos en sus estudios, confirman el interés de nuestros predecesores por la Observación de las estrellas.

Además de todo esto, destacar que Pozoblanco es un lugar privilegiado para visualizar el cosmos, avalado por su Certificación Starlight 2016 (UNESCO) por su alta calidad y escasez de contaminación lumínica para ver el cielo nocturno, manteniendo los valores adecuados de oscuridad y condiciones óptimas para la observación y estudio del firmamento (<https://lospedrochesreservastarlight.com/>).

*El Agregado Cultural  
de la Embajada de los Estados Unidos  
de América*

*Saluda*

**atentamente a D. Felipe Sanchez Urbano y le agradece su amabilidad al invitarle a las fiestas de esa Cofradía de Nuestra Sra. la Virgen de Luna, lamentando que compromisos anteriores no le permitan asistir como desearía.**

**Reiterándole su agradecimiento,**

  
Edward Mattos

*aprovecha gustoso esta ocasión para reiterarle el testimonio de su consideración más distinguida.*

Madrid, 26 de enero de 1970



Apollo 11 Astronauts

En la actualidad se encuentra inmersa en un ambicioso programa de adaptación de miradores astronómicos para fomentar el turismo astronómico y sumarlo así a su ya rica y variada oferta de actividades en torno al ocio, la cultura, la naturaleza... etc. Es curioso como las piezas de este maravilloso puzzle de conexión tan especial entre la Cofradía Ntra. Sra. de Luna y la NASA, ciencia, conforme van apareciendo más datos, puede llevarte a la conclusión de que ambas instituciones estaban predestinadas a juntarse algún día, retroalimentándose cada cierto tiempo, para reafirmarse que su esencia

es la misma, mirar y entender el universo desde la Tierra. Sirva otro ejemplo, el mejor punto de la comarca para la observación astronómica, se encuentra en el Santuario de la Virgen de Luna, como una ventana privilegiada a todo lo que está sucediendo en el espacio.

No hay vértigo más hermoso o miedo más fascinante que el de darse de bruces con el cosmos, porque si algo nos hace grandes a los seres humanos, a pesar de nuestros muchos defectos, es ese bendito don de la curiosidad, ese deseo irrefrenable de comprender, de descubrir y de responder,

National Aeronautics and Space Administration

Headquarters  
Washington, DC 20546-0001



NASA History Program Office

Herminio Rodríguez Pozo  
Alcolea del Rio Street, Number 29,  
Postal Code 41200  
Alcalá del Río, Seville, Spain

10 March 2021

Dear Mr. Herminio Rodríguez Pozo,

On behalf of the NASA History Division, we would like to thank you, the town of Pozoblanco (Córdoba), and the Brotherhood of the Virgen de Luna for your efforts to preserve the historical connection between your Brotherhood and the United States National Aeronautics and Space Administration.

We recognize that in 1969 Mr. Felipe Sánchez Urbano on behalf of the Nuestra Señora de Luna Brotherhood (Pozoblanco) sent letters and prints to Neil Armstrong, Edwin E. Aldrin, Jr., and Michael Collins extending the protections of the Virgen de Luna over the astronauts of the Apollo program. We are also pleased to recognize the signed responses you received from the astronauts of Apollo 11 and Apollo 17. The fact of these correspondences is recorded in the NASA History archives.

Spain played an important role in mankind's first voyage to the Moon. The villages of Robledo de Chavela and Fresnedillas de la Oliva housed two important monitoring stations of NASA's Deep Space Network which allowed Mission Control in Houston, Texas to communicate with the astronauts while they explored the lunar surface. As the Apollo 11 Lunar module first touched on the surface of the Moon, the words of Commander Neil Armstrong arrived first to Fresnedillas, before being relayed to other monitoring systems. This story is a symbol of the cooperative spirit of exploration and we are grateful for the effort of each of those persons who contributed to mission success.

We are especially pleased to see the efforts of the Virgen de Luna Brotherhood aimed at the preservation of these historical connections and the inspiration of future generations. We hope that your celebrations of space, the Moon, and science inspire the next generation of Spanish scientists, technicians, and astronauts. At the NASA History Office, we place great emphasis on the application of history's lessons to improve our collective futures and we are pleased to recognize your contributions to the preservation and dissemination of our collective cultural and scientific history.

Best,

Brian C. Odom, PhD, MLIS  
Acting NASA Chief Historian  
NASA Headquarters  
Washington, DC



IN REPLY REFER TO:

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION  
MADRID SPACE STATION  
INTA-NASA OFICINA CENTRAL  
ORENSE, 11, 5.ª MADRID-20, ESPAÑA

Madrid, 3 de Mayo de 1973

D. Felipe Sánchez Urbano  
Secretario  
Cofradía de Nuestra Señora  
Virgen de la Luna  
Pozoblanco (Córdoba)

Estimado Sr. Sánchez:

Aunque con gran retraso que espero comprenda, adjunto tengo mucho gusto en remitirle carta firmada por los astronautas del Apolo 17 en la que le agradecen su amable envío de la fotografía de su Patrona, Nuestra Sra. de la Luna.

Con este motivo, le envía un cordial saludo,

  
H. Schultz  
NASA Representative in Spain

cc: J.L. Morad, USIS  
encl.-

de plantarse desafiante ante un universo del que somos parte pero que a la misma vez nos desafía continuamente. Decía el célebre astrónomo y divulgador Carl Sagan que la consciencia es la herramienta del cosmos para comprenderse a sí mismo. Quizá de momento no somos la mejor de las herramientas, ni la más compleja, pero des-

de luego los avances científicos de los que estamos siendo testigos, quizá en aras de satisfacer la curiosidad de ese cosmos al que servimos, son para sentirnos orgullosos no solo de nuestras capacidades, sino de nuestra voluntad.

Una herramienta en sí no sirve de nada sin un lugar adecuado donde

utilizarla, y en este sentido si la herramienta para estudiar el universo es nuestra curiosidad y nuestra capacidad tecnológica, lo cierto es que para el desarrollo de estas investigaciones requerimos en muchos casos de un lugar apropiado desde donde llevarlas a cabo, en el caso de la astronomía es un cielo nocturno oscuro y libre de contaminación lumínica.

Córdoba, fue uno de los grandes centros de culto a las ciencias, epicentro en su época de los más refinados y prestigiosos avances científicos, cuna de nombres que como el de Averroes o Azarquiel han pasado a la historia por sus aportaciones a la astronomía. Hoy en día uno de los centros neurálgicos de la astronomía, pues muy pocas provincias en la Península Ibérica tienen el orgullo de poder decir que han creído tanto en la preservación de la oscuridad de sus cielos que cuentan con dos territorios certificados como Reservas Starlight, una certificación internacional que acredita la calidad de sus cielos nocturnos y la férrea voluntad administrativa por conservarlos en el tiempo (Sierra Morena y la Comarca de los Pedroches)

Vivimos un momento apasionante en la historia de la astronomía y la ciencia en general, y Pozoblanco con ese vínculo tan especial con la NASA, puede contribuir dando un impulso con el desarrollo del astroturismo (flujo de personas que se desplazan de un lugar a otro en busca de cielos sin contaminación lumínica para poder observar las estrellas). El astroturismo esta directamente ligada a la presencia de cielos oscuros donde la iluminación debe seguir unos criterios de eficiencia y responsabilidad medioambiental para evitar el exceso de luz emitido al cielo. Pozoblanco y toda la Comarca de los Pedroches, como verdaderas ventanas al universo y gracias a la legislación propia, está cambiando poco a poco las luminarias para adaptar sus sistemas de iluminación urbano a un modelo que protege la oscuridad del cielo, permite mirar al cielo llenos de humildad nuestros corazones y de esperanzas nuestra imaginación,

ayudando a dar respuesta gracias a la astronomía a esas preguntas existenciales que siempre nos acechan, ¿de dónde venimos? ¿dónde estamos? ¿estamos solos?

Aquellas personas aficionadas/os a la astronomía saben que observar en una gran montaña a más de 2.000 metros de altura es una experiencia absolutamente distinta a hacerlo en una dehesa como la de los Pedroches (Córdoba).

Pozoblanco, ya lleva 5 años aportando su granito de arena con su inclusión en la Certificación Starlight y todo lo que eso implica, como territorio que aboga y se compromete a la preservación de ese recurso tan frágil y valioso como es la oscuridad natural durante la noche, mediante su puesta en valor como recurso turístico y como un derecho fundamental reconocido por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Así mismo, se está trabajando para que la observación de las estrellas y su conservación se convierta en el décimo octavo objetivo de Desarrollo Sostenible ante la ONU, gracias a un acuerdo suscrito en el Parlamento de Canarias (junio 2021) entre BPW Spain (Federación Empresarias y Profesionales) y la Fundación Starlight.

Con la firme decisión de poner en valor aún más, la vinculación de Pozoblanco con las Misiones Apolo, se comenzó a gestar la idea de solicitar ese reconocimiento público y oficial, como parte de la historia de NASA. En este sentido, se comenzaron a entablar una serie de contactos influyentes, como la geóloga planetaria Adriana Ocampo. Esta científica colombiana forma parte actualmente del Proyecto Lucy (<https://es.wikipedia.org/>

wiki/Lucy\_(sonda\_espacial) con el que la NASA planea estudiar los Asteroides Troyanos de Júpiter (octubre 2021). Se trata, por lo tanto, de una personalidad importante dentro de la agencia espacial y a nivel internacional en cuanto a ciencia se refiere. Fue determinante que se interesara por la historia, remitió el dossier con toda la información facilitada, al Departamento de Historia de NASA.

Meses más tarde se recibió contestación del Sr. Brian Odom, historiador de la NASA, anunciando que se estaban valorando los documentos. Pero no ha sido hasta este año 2021, cuando por fin han enviado una carta definitiva de distinción ante tal historia. En ella, "reconoce que en 1969 don Felipe Sánchez Urbano, en nombre de la Hermandad de Nuestra Señora de la Luna, envió cartas y estampas a Neil Armstrong, Edwin E. Aldrin, Jr., y Michael Collins, extendiendo las protecciones de la Virgen de Luna sobre los astronautas del Programa Apolo". También afirma NASA que, "les complace reconocer las respuestas firmadas que la hermandad recibió de los astronautas del Apolo 11 y Apolo 17". Certifica que dichas correspondencias se encuentran en los Archivos de la NASA y, de paso, aprovecha para recordar el gran valor que tuvo para dichas misiones el papel de los científicos ubicados en las estaciones españolas.

Pronto ser recibieron los primeros correos del Director de División Archivos de NASA, anunciando que se estaban valorando el dossier proporcionado. El pasado mes de abril 2021 se recibió una carta, firmada y sellada. En ella, "reconoce que en 1969 don Felipe Sánchez Urbano, en nombre de la Hermandad de Nuestra Señora de la Luna, envió cartas y

Reducir (Ctrl+1)



NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION  
MANNED SPACECRAFT CENTER  
HOUSTON, TEXAS 77058

SEP 23 1969

IN REPLY REFER TO: CB

Felipe Sanchez Urbano  
Secretario  
Brotherhood of our Lady  
"Virgen de Luna"  
Patroness of Pozoblanco  
Pozoblanco (Cordoba)  
SPAIN

Dear Mr. Secretary:

Thank you very much for your warm and thoughtful letter. We appreciate your efforts in our behalf and we wish you every success in your dedicated endeavor. We are indeed honored for your consideration.

Warmest regards.

Sincerely,  
  
Neil A. Armstrong

Edwin E. Aldrin, Jr.

Michael Collins

estampas a Neil Armstrong, Edwin E. Aldrin, Jr., y Michael Collins, extendiendo las protecciones de la Virgen de Luna sobre los astronautas del Programa Apolo".

También afirma que "les complace reconocer las respuestas firmadas que la hermandad

recibió de los astronautas del Apolo 11 y Apolo 17". Certifica que dichas correspondencias se encuentran en los Archivos de la NASA y, de paso, aprovecha para recordar el gran valor que tuvo para dichas misiones el papel de los científicos ubicados en las estaciones españolas (ad-

jointa carta). Este escenario de apoyos y ese interés de NASA por reforzar las conexiones con España y la Cofradía, ha difundido un interesante artículo en su web oficial, en el apartado de historia (<https://www.nasa.gov/feature/global-ties-local-memories-la-virgen-de-luna>



NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION  
MANNED SPACECRAFT CENTER  
HOUSTON, TEXAS 77058

APR 25 1973

REPLY TO  
ATTN OF: CB

Mr. Felipe Sanchez Urbano  
Secretariat, C/San Gregorio, 12  
Pozoblanco (Cordoba)  
SPAIN

Dear Mr. Urbano:

Thank you for sending us the three photographs of the Virgen de Luna. These are most impressive photographs and we are indeed grateful for your thoughtfulness in sharing them with us.

With kindest regards to you and all of those involved in sending these gifts.

Sincerely,

Eugene A. Cernan  
Captain, USN  
NASA Astronaut

Ronald E. Evans  
Captain, USN  
NASA Astronaut

Harrison H. Schmitt  
NASA Astronaut

a-patron-saint-of-astronaut). Además insta a la Patrona de Pozoblanco y Villanueva de Córdoba, proporcionar su custodia en las próximas misiones dentro de la carrera y exploración espacial (Programa Artemisa, cuyo principal objetivo será la vuelta del ser humano a la Luna, incluida la primera mujer en pisar nuestro satélite natural, siempre sin dejar mirar a Marte), donde la colaboración internacional y las empresas privadas, contribuirán para el éxito final.

El último paso y futuro de esta historia y legado documental y su perpetuidad en el tiempo, recae sin lugar a dudas, en el pueblo de Pozoblanco y comarca, en su capacidad de promover un sinnúmero de iniciativas de índole científico y tecnológico, que sirvan de inspiración a las nuevas generaciones en su conocimiento e interés por la ciencia, tecnología y exploración espacial. La Certificación Starlight de la zona de los Pedroches, gracias a su fiel cumplimiento de los criterios reglados por la UNESCO y IAC (2010), junto al respaldo de

la Directora de la Fundación responsable de las autentificaciones, Antonia M. Varela Pérez, la cual ha apoyado en innumerables ocasiones el vínculo de la localidad cordobesa con la NASA y se ha comprometido a impulsar ese posible destino Starlight en Pozoblanco y alrededores, como una oportunidad para la mejora de la calidad de las experiencias turísticas en el terreno de la astronomía y la protección del cielo nocturno.

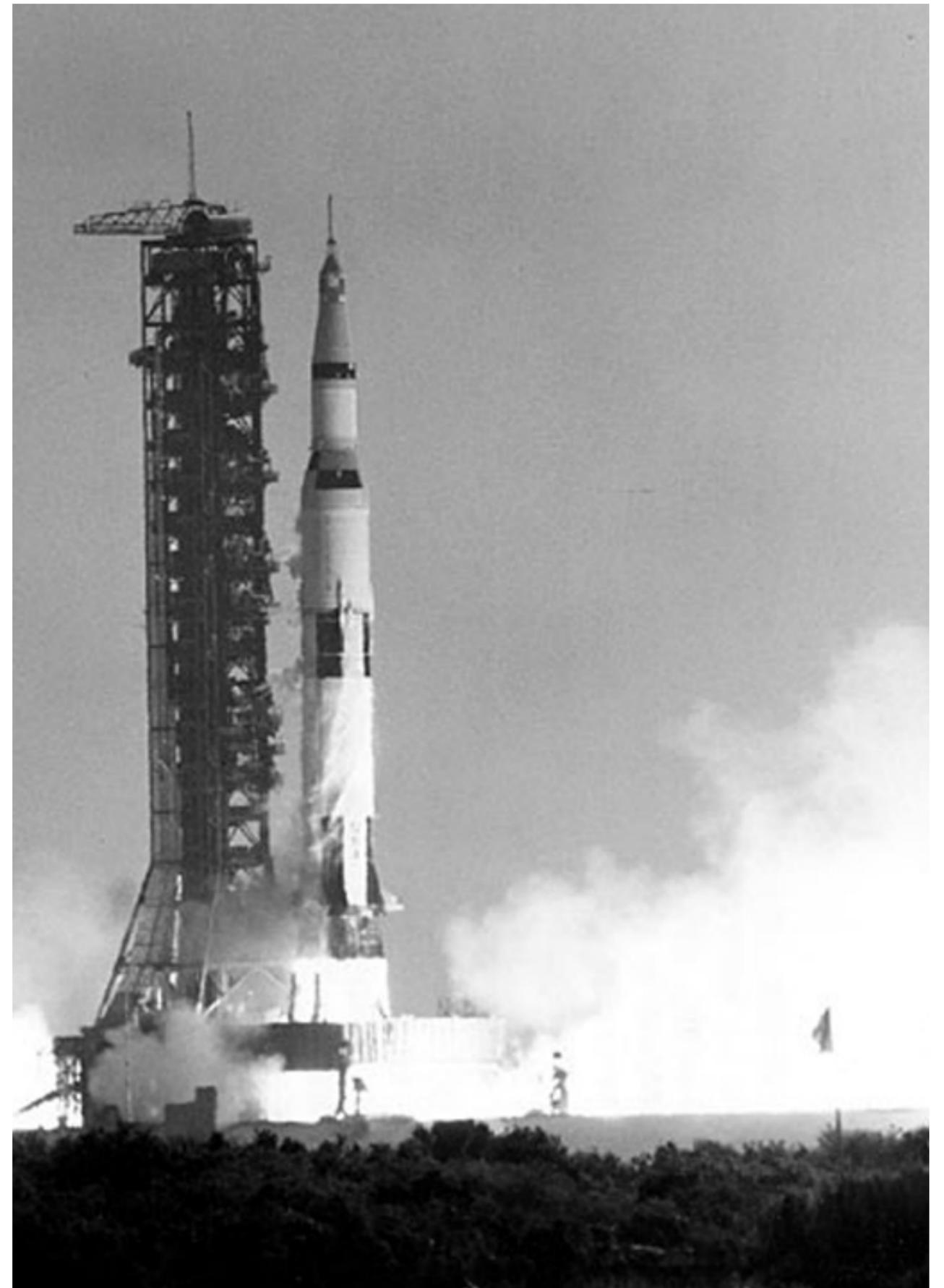
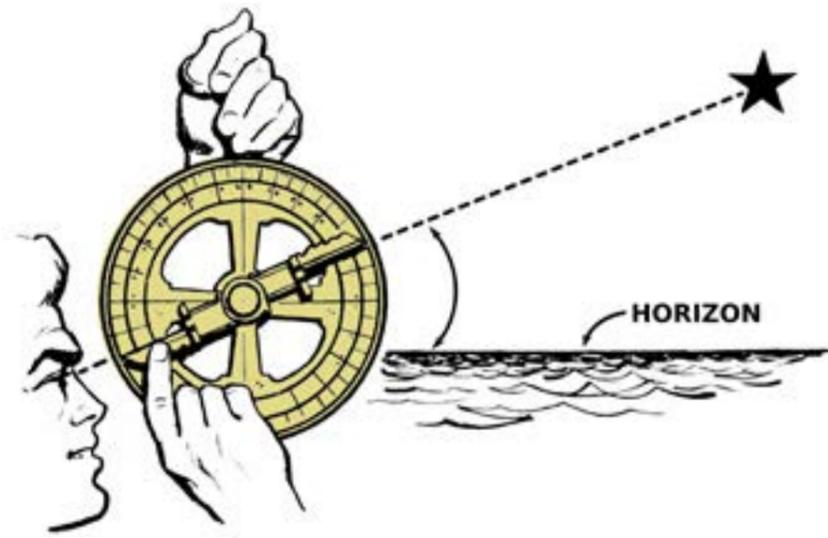
Después de extenderse este relato en estos últimos años den-

tro y fuera de nuestras fronteras, y en innumerables medios de comunicación, prensa escrita y audiovisual, personalidades e instituciones del ámbito científico, cultural y social, son muchas las voces entre la sociedad que demandan una exposición pública de las famosas correspondencias. Es incuestionable que, si sabe aprovechar, junto con un especializado equipo de asesoramiento logístico y apoyo a todos los niveles, puede convertirse en un referente de divulgación científica en la comarca y sobre todo captará a la ciudadanía de a pie, en ese camino de universalizar la ciencia, impulsando la comprensión y una participación activa en ella. Una anécdota que puede ser un válido vehículo, no sólo para el desarrollo de la actividad astronómica entre los más jóvenes, sino también en el conocimiento de lo que supuso el inicio de la carrera espacial en el pasado, junto con los nuevos proyectos espaciales que están en marcha a nivel mundial, destacando el gran papel y la capacidad de España en esa colaboración de investigación e innovación tecnológica internacional, en el sector aeroespacial.

Es clave que, involucrar a la población juvenil en las propuestas científicas educativas que, puedan surgir a lo largo de estos años, ya que eso posibilitará preservar una historia que ya forma parte, por méritos propios, del Patrimonio Científico y cultural local, regional y nacional. Por último, habida cuenta de los términos de empatía que habla NASA en su web oficial, la Cofradía en nombre de Pozoblanco, tiene decidido dar una contundente respuesta de agradecimiento, iniciando los trámites para el Patronazgo de la

Virgen de Luna como protectora de los astronautas y misiones espaciales de NASA, de manera oficial y siempre con el beneplácito de las autoridades competentes en esta materia. Sería un broche de oro y un futuro por escribir en este hermanamiento con la NASA, además de una forma de actualizar aquella inocente y atrevida iniciativa reflejada, en la primera misiva enviada en el año 1969 a la Administración Aero-náutica Americana, por parte de la Junta Directiva de la Cofradía Ntra. Sra. de Luna.

▼ *Astrolabio (era un antiguo instrumento astronómico que permite determinar la posición y altura de las estrellas sobre el cielo) Astrónomo cordobés Azarquiel*



## 21 / Borisov

En el mes de agosto de 2019, el astrónomo aficionado Gennady Borisov descubrió un cometa muy particular. Se bautizó como 21/Borisov, y se trataba del segundo objeto de origen interestelar descubierto hasta la fecha. En palabras de Stefano Bagnulo, del Observatorio de Armagh, Reino Unido, "21/Borisov podría representar el primer cometa verdaderamente prístino jamás observado". Todo el equipo de investigadores liderado por el mismo considera que este nuevo cometa descubierto nunca antes había pasado cerca de ninguna otra estrella antes de entrar en el sistema solar.

Ahora, Bagnulo y compañeros han utilizado el instrumento FORS2 del Very Large Telescope del Observatorio Europeo Austral, que se encuentra en el norte de Chile, para estudiar en detalle este cometa, las primeras

conclusiones arrojadas en el estudio apuntan a que se trata de uno de los objetos más prístinos jamás observados por los astrónomos.

Este estudio se realizó mediante Polarimetría, una técnica que permite a los investigadores poder comparar este cometa con otros objetos de nuestro sistema solar. Y así es como descubrieron que las propiedades polarimétricas de 21/Borisov son distintas a las de los demás cometas del sistema solar, con la excepción del archiconocido Hale-Bopp.

Todos recordamos este cometa como uno de los más fáciles de ver a simple vista, que hizo acto de presencia durante 18 meses en nuestros cielos durante la década de los 90, acaparando el interés público internacional, y también porque se

trataba entonces de uno de los cometas más prístinos que los científicos tenían a tiro para sus estudios.

Pero Hale Bopp ya había pasado otra vez cerca del Sol con anterioridad y por ello no se vio apenas afectado por el viento solar y la radiación de la estrella. Esto significaba que su composición era prístina, y muy similar a la de la nebulosa presolar de la que se formó al origen del sistema solar, hace 4600 millones de años.

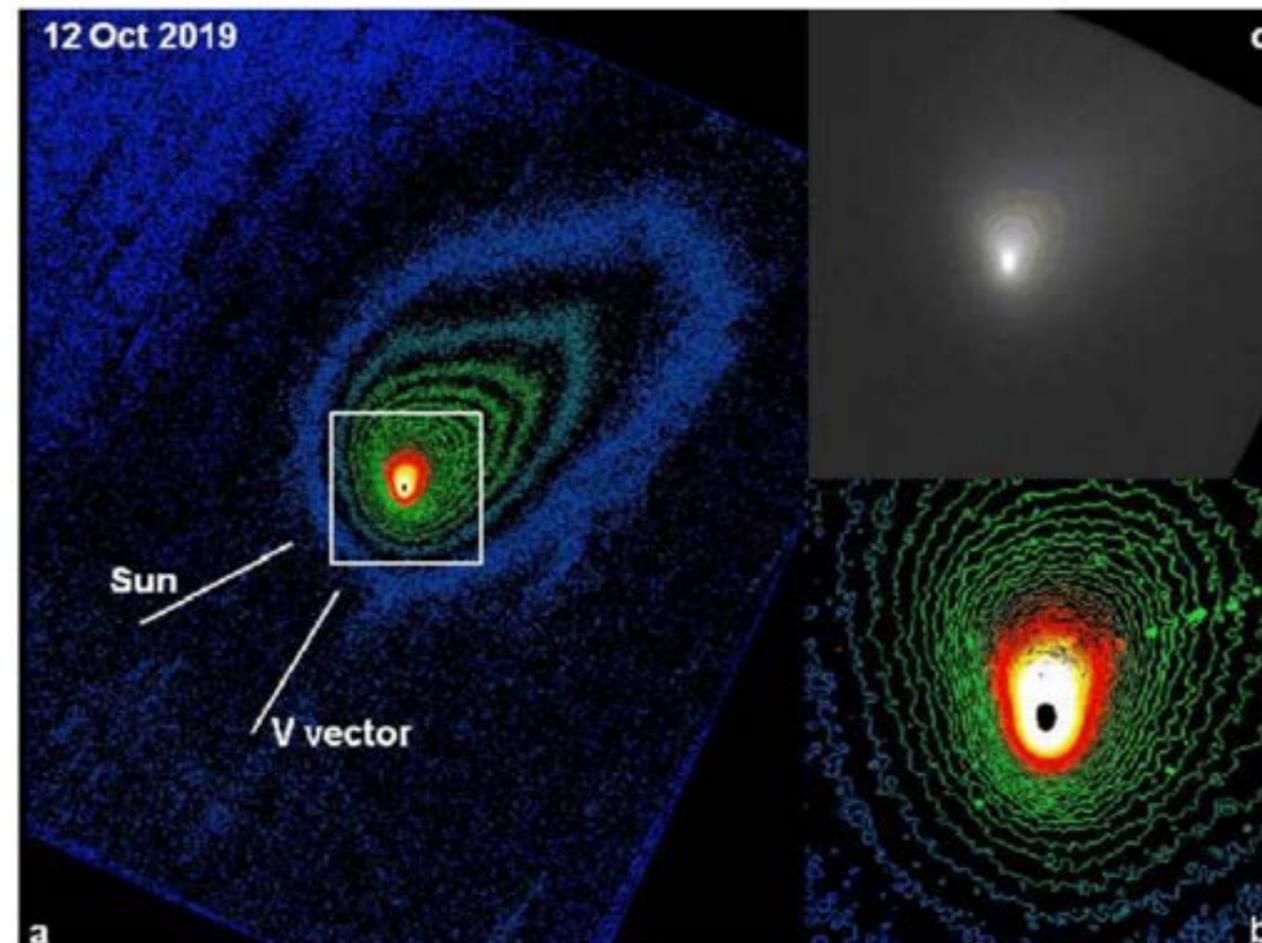
Al llevar a cabo el análisis de polarización de 21/Borisov, el cometa dio pistas de tener una composición mucho más prístina que la del propio Hale Bopp, lo que significa que en esta composición existen intactas firmas de la nebulosa de gas y polvo de la que se formó en su origen.

Este descubrimiento lleva a los científicos a pensar que el entorno donde se formó el cometa 21/Borisov no es muy diferente en composición al entorno donde se formó el sistema solar primitivo. Al menos así lo cree Alberto Cellino, del Observatorio Astrofísico de Turín, Instituto Nacional de Astrofísica de Italia.

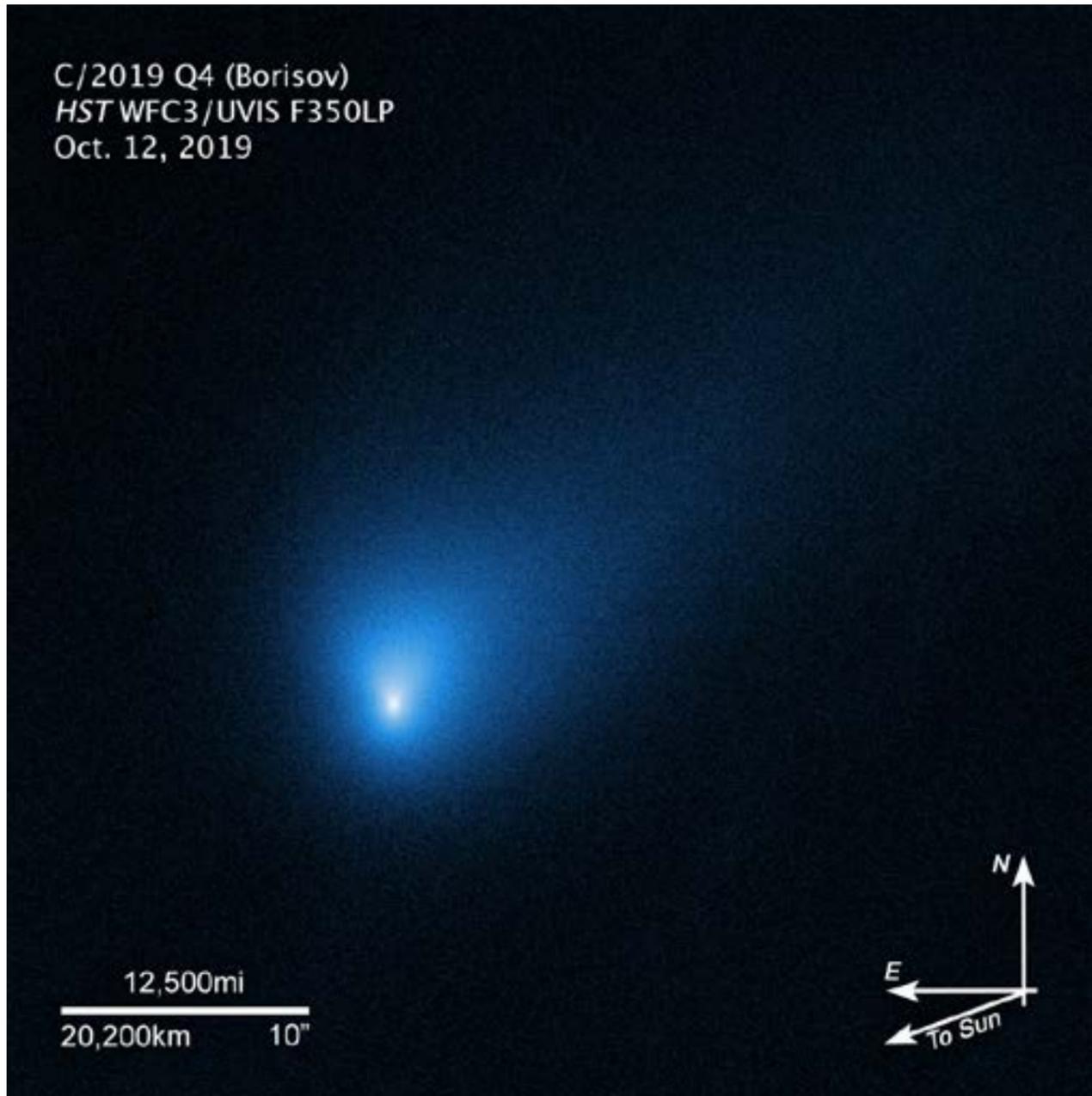
Esta opinión es compartida por otros científicos que consideran que las condiciones de formación de ambos cometas eran muy similares. Sin duda la llegada de un cometa interestelar ha permitido a la ciencia estudiar la composición de los materiales de otros sistemas estelares y compararla con la de nuestro sistema nativo.

Los científicos planean una futura misión de interceptación de algún futuro cometa interestelar que se aproximara al Sol en una trayectoria adecuada, mediante el lanzamiento del "Comet Interceptor" previsto para 2029 por la Agencia Espacial Europea. Esta misión persigue la recuperación de muestras del cometa al más puro estilo misión StarDust.

Pero aunque esta misión no viese la luz en el futuro, los astrónomos disponen de instrumental adecuado para conocer en detalle las distintas propiedades de cometas como 21/Borisov, desde la Tierra. Por su parte, un equipo de investigadores utilizó también datos del Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array (ALMA), y del VLT para llevar a cabo un estudio de los



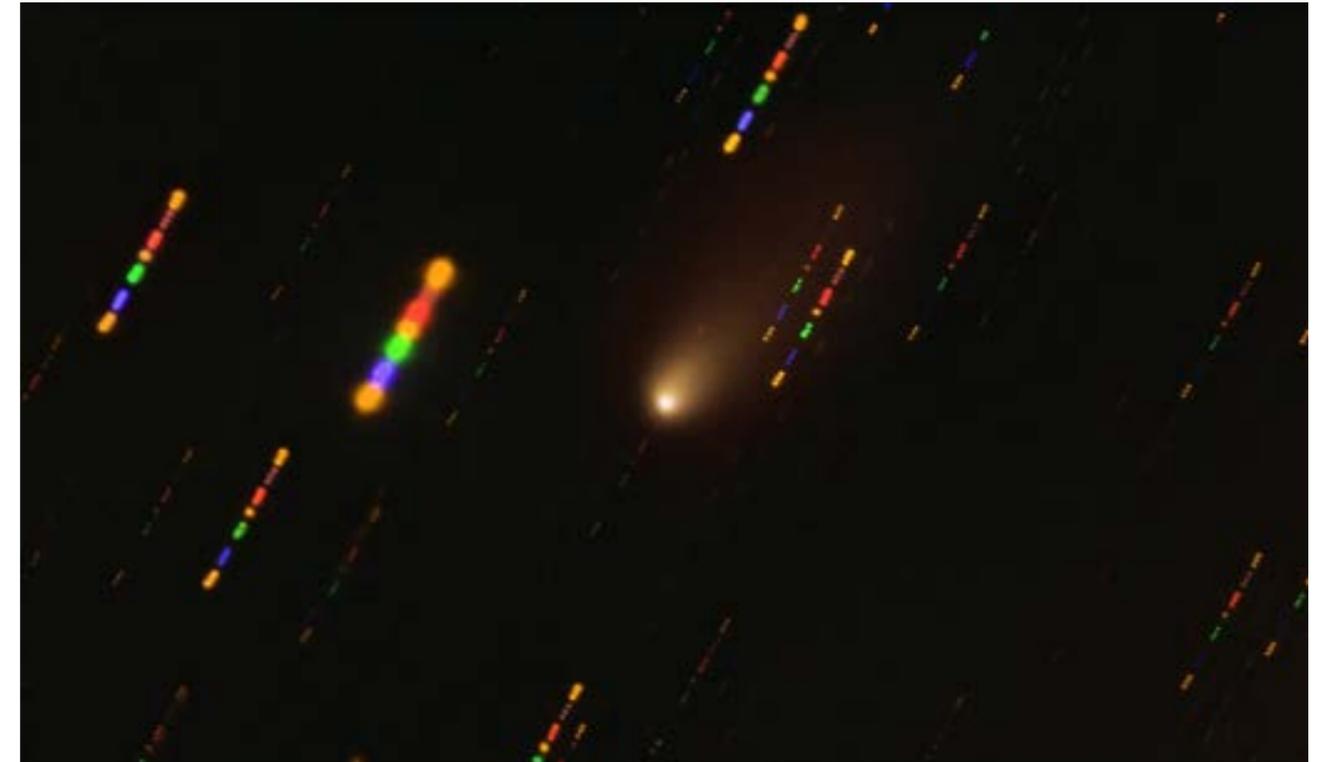
C/2019 Q4 (Borisov)  
HST WFC3/UVIS F350LP  
Oct. 12, 2019



granos de polvo desprendidos del cometa 21/Borisov en el que recopilamos datos sobre el nacimiento del cometa y las condiciones del entorno donde se formó, y descubrieron que la coma del cometa contiene guijarros compactos y granos de sobre un milímetro o más, y además descubrieron que las condiciones del CO y del H<sub>2</sub>O del cometa variaban sustancialmente a medida que se producía su acercamiento al Sol. Para algunos científicos esto es

indicativo de que se formó con materiales procedentes de distintas partes de su sistema origen.

De todas éstas observaciones, los científicos inferen que la materia existente en el hogar planetario del cometa Borisov sufrió una mezcla desde las proximidades de su estrella hasta el exterior, posiblemente como consecuencia de la existencia de grandes planetas que producían fuertes agitaciones gravitatorias en



el mismo, por lo que podría tratarse de un sistema cuyo origen fue muy similar al nuestro.

Esta investigación se presentó en el artículo "Propiedades polarimétricas inusuales para el cometa interestelar 21 / Borisov" que aparece en Nature Communications (doi: 10.1038 / s41467-021-22000-x). La segunda parte del comunicado destaca el estudio "Guijarros compactos y la evolución de volátiles en el cometa interestelar 21 / Borisov" que aparece en Nature Astronomy (doi: 10.1038 / s41550-021-01336-w).

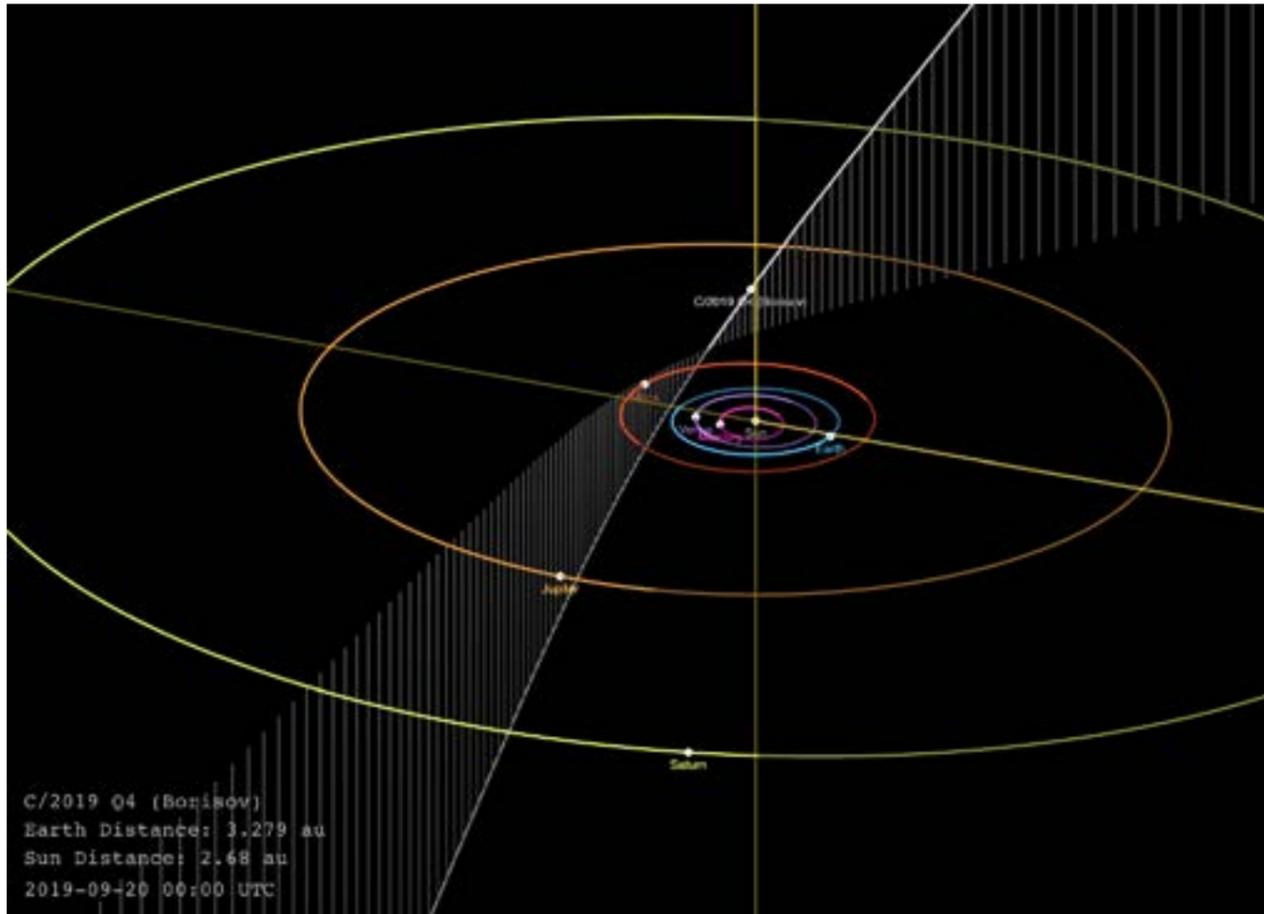
El equipo que realizó el primer estudio está compuesto por S. Bag-nulo (Observatorio y Planetario de Armagh, Reino Unido [Armagh]), A. Cellino (INAF - Osservatorio Astrofisico di Torino, Italia), L. Kolokolova (Departamento de Astronomía, Universidad de Maryland, EE. UU.), R. Nežič (Armagh; Mullard Space Science Laboratory, University College London, Reino

Unido; Centro de Ciencias Planetarias, University College London / Birkbeck, Reino Unido), T. Santana-Ros (Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal, Universidad de Alicante, España; Institut de Ciencies del Cosmos, Universitat de Barcelona, España), G. Borisov (Armagh; Instituto de Astronomía y Observatorio Astronómico Nacional, Academia de Ciencias de Bulgaria, Bulgaria), AA Christou (Armagh), Ph. Bendjoya (Universidad Côte d'Azur, Observatoire de la Côte d'Azur, CNRS, Laboratoire Lagrange, Niza, Francia), y M. Devogele (Observatorio de Arecibo, Universidad de Florida Central, Estados Unidos).

El equipo que realizó el segundo estudio está compuesto por Bin Yang (Observatorio Europeo Austral, Santiago, Chile [ESO Chile]), Aigen Li (Departamento de Física y Astronomía, Universidad de Missouri, Columbia, EE. UU.), Martin A. Cor-diner (Astroquímica Laboratorio,

Centro de Vuelo Espacial Goddard de la NASA, EE. UU. Y Departamento de Física, Universidad Católica de América, Washington, DC, EE. UU.), Chin-Shin Chang (Observatorio Conjunto ALMA, Santiago, Chile [JAO]), Olivier R. Hainaut (Europa Austral Observatorio, Garching, Alemania), Jonathan P. Williams (Instituto de Astronomía, Universidad de Hawai'i, Honolulu, EE.UU. [IfA Hawai'i]), Karen J. Meech (IfA Hawai'i), Jacqueline V. Keane (IfA Hawai'i) y Eric Villard (JAO y ESO Chile).

ESO es la organización astronómica intergubernamental más importante de Europa y, con diferencia, el observatorio astronómico terrestre más productivo del mundo. Tiene 16 Estados miembros: Austria, Bélgica, República Checa, Dinamarca, Francia, Finlandia, Alemania, Irlanda, Italia, Países Bajos, Polonia, Portugal, España, Suecia, Suiza y el Reino Unido, junto con el estado anfitrión de Chile. y con



Australia como socio estratégico. ESO lleva a cabo un ambicioso programa centrado en el diseño, la construcción y el funcionamiento de potentes instalaciones de observación terrestres que permiten a los astrónomos realizar importantes descubrimientos científicos. ESO también juega un papel de liderazgo en la promoción y organización de la cooperación en investigación astronómica. ESO opera tres sitios de observación únicos de clase mundial en Chile: La Silla, Paranal y Chajnantor. En Paranal, ESO opera el Very Large Telescope y su Interferómetro de Very Large Telescope líder en el mundo, así como dos telescopios de reconocimiento, VISTA que trabaja en el infrarrojo y el VLT Survey Telescope de luz visible. También en Paranal, ESO albergará y operará el Cherenkov Telescope Array

South, el observatorio de rayos gamma más grande y sensible del mundo. ESO también es un socio importante en dos instalaciones en Chajnantor, APEX y ALMA, el proyecto astronómico más grande que existe. Y en Cerro Armazones, cerca de Paranal, ESO está construyendo el Telescopio Extremadamente Grande de 39 metros, el ELT, que se convertirá en "el ojo más grande del mundo en el cielo".

Atacama Large Millimeter / submillimeter Array (ALMA), una instalación astronómica internacional, es una asociación de ESO, la Fundación Nacional de Ciencias de EE. UU. (NSF) y los Institutos Nacionales de Ciencias Naturales (NINS) de Japón en cooperación con la República de Chile. ALMA está financiado por ESO en nombre de sus Estados

miembros, por NSF en cooperación con el Consejo Nacional de Investigación de Canadá (NRC) y el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MOST) y por NINS en cooperación con la Academia Sinica (AS) en Taiwán. y el Instituto Coreano de Astronomía y Ciencias Espaciales (KASI). La construcción y las operaciones de ALMA están a cargo de ESO en nombre de sus Estados miembros; por el Observatorio Nacional de Radioastronomía (NRAO), administrado por Associated Universities, Inc. (AUI), en nombre de América del Norte; y por el Observatorio Astronómico Nacional de Japón (NAOJ) en nombre de Asia Oriental. El Observatorio Conjunto ALMA (JAO) proporciona el liderazgo y la gestión unificados de la construcción, puesta en marcha y operación de ALMA.

¿Quieres publicar tu artículo?

# DIVULGA CIENCIA

¿Quieres ser divulgador científico?



Hazte COLABORADOR de la revista en las secciones de:

- Astronomía y astrofotografía.
- Astronáutica y Espacio.
- Geología y Geoquímica.
- Paleontología y Arqueología.

Escribenos para información.

[direccion@museocanariodemeteoritos.com](mailto:direccion@museocanariodemeteoritos.com)





**MACARENA DELGADO.**  
 Licenciada en Ciencias Biológicas. Miembro del Comité para la Divulgación de la Ciencia y el Espacio (CODICE) y Ciudad de las Estrellas (CIE).

Las constelaciones están formadas por estrellas brillantes, las formas que ves dependen de tu punto de vista, muchas civilizaciones veían que las estrellas formaban imágenes de dioses, de su historia y su cultura.

La mayoría de las constelaciones que conocemos surgieron de la antigua Grecia. A causa de la órbita y rotación de la Tierra alrededor del Sol las podemos dividir en dos grupos; las constelaciones circumpolares y las estacionales, depende de la latitud donde estés.

Vamos a conocer una de las más importantes y que nos ayuda a

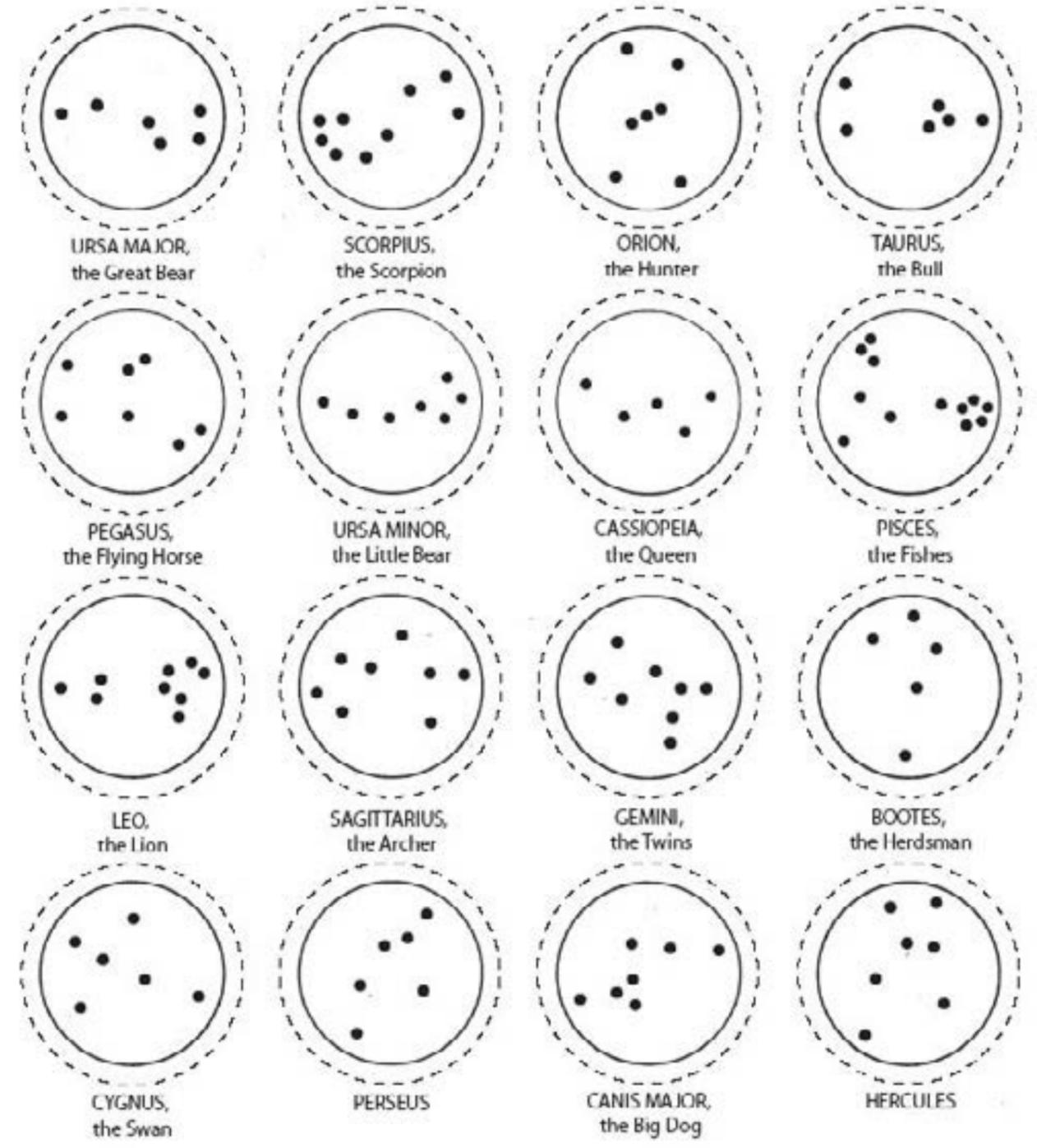
orientarnos en el cielo; La Osa Mayor o el Carro; Formada por 8 estrellas en la cual en la parte del mango del cazo o de la cola de la Osa forman una de las estrellas dobles llamadas Mizar y Alcor. En la última estrella al final de la cola si seguimos una línea recta nos llevará directamente a la Estrella Polar que nos indica el Norte. Antigamente los marineros buscaban la Polar para buscar el Norte y no perderse en la noche.

Te contamos la historia de la mitología griega de esta constelación: Cuenta la vieja leyenda arcadia la historia de Calisto, una ninfa cazadora y virgen que formaba parte del

séquito de Diana cazadora (Artemisa), de quién Zeus se enamoró. En unas leyendas se dice que Zeus se metamorfoseó en la misma Artemisa para acercarse a ella, pues la ninfa huía de todos los hombres para preservar su castidad. Disfrazado de ésta guisa Zeus la poseyó. Cuando

un día Artemisa y su corte estaban bañándose en una cristalina fuente, completamente desnudas, al ver el cuerpo desvestido de Calisto, se hizo evidente su estado de gestación. Entonces Artemisa, guardiana de la castidad, se encolerizó y transformó a Calisto en una osa. Una vez

transfigurada, la diosa cazadora la mató de numerosos flechazos. No solo podemos observar a la Osa Mayor, hay muchas constelaciones diferentes, como; Escorpio, Casiopea, Orión, Sagitario, Triángulo de Verano.....



¿Quieres hacer tus propias constelaciones? Es muy fácil.

#### Materiales

- Tubo de cartón de cocina o wc
- Papel azul
- Goma
- Punta de un bolígrafo
- Plantilla de constelaciones

constelación que más te guste, recorta círculos de papel azul y pega la constelación encima, agujerea con la punta del boli los puntitos negros, envuelve uno de los extremos del tubo con el círculo y ajústalo con la goma. Mira a través del tubo.

Recorta por la línea de puntos la



# Meteoritos

VISITA LA NUEVA WEB DE LA REVISTA



[WWW.REVISTAMETEORITOS.ES](http://WWW.REVISTAMETEORITOS.ES)

¿Aún no conoces nuestro canal en **YouTube**?

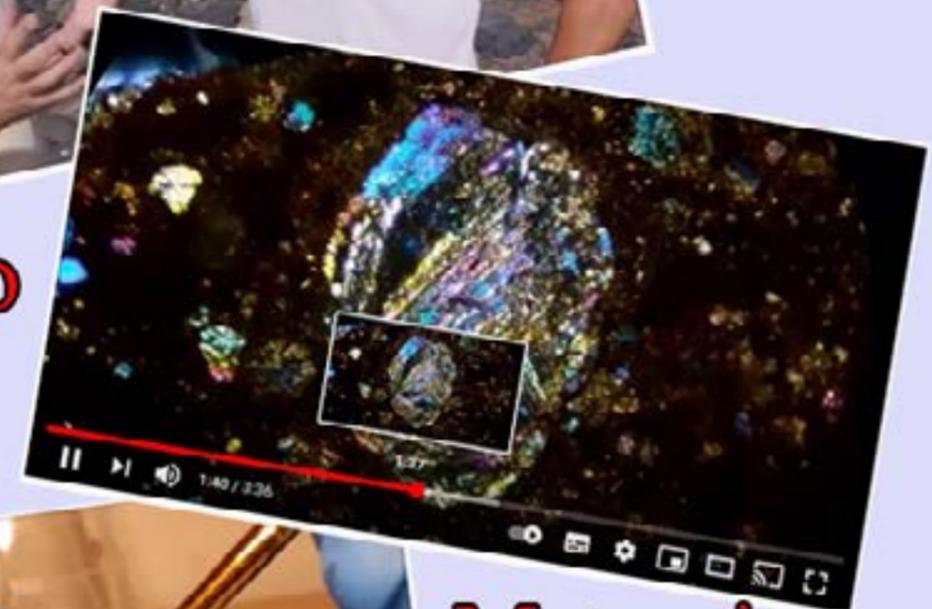


Museo Canario de Meteoritos

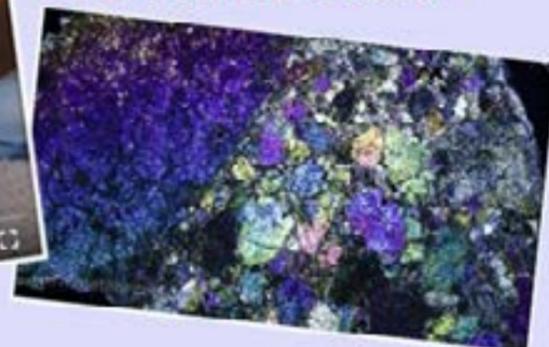


**Ciencia**

**Laboratorio**



**Meteoritos**



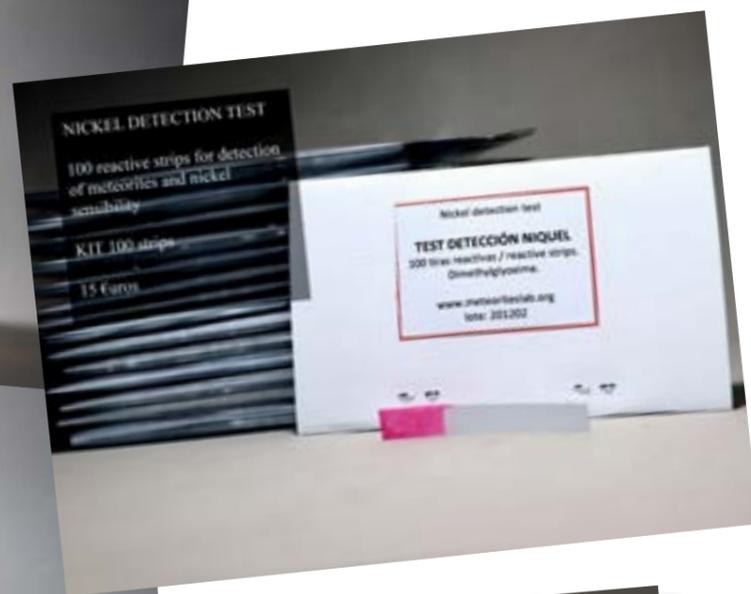
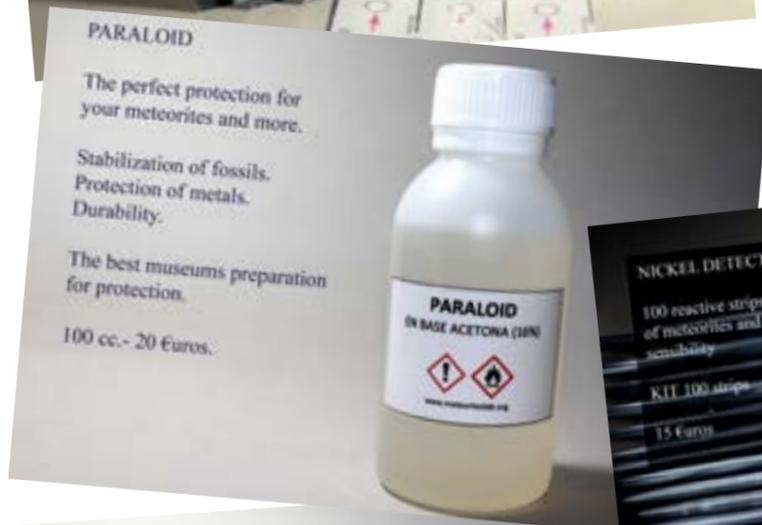


METEORITES LAB Dispone de un surtido de productos químicos especialmente diseñados para el trabajo con meteoritos.

- Tests reactivos para níquel, en varios formatos.
- Cloruro férrico para revelar bandas de Widmanstätten.
- Paraloid, para estabilizar fósiles y proteger meteoritos.

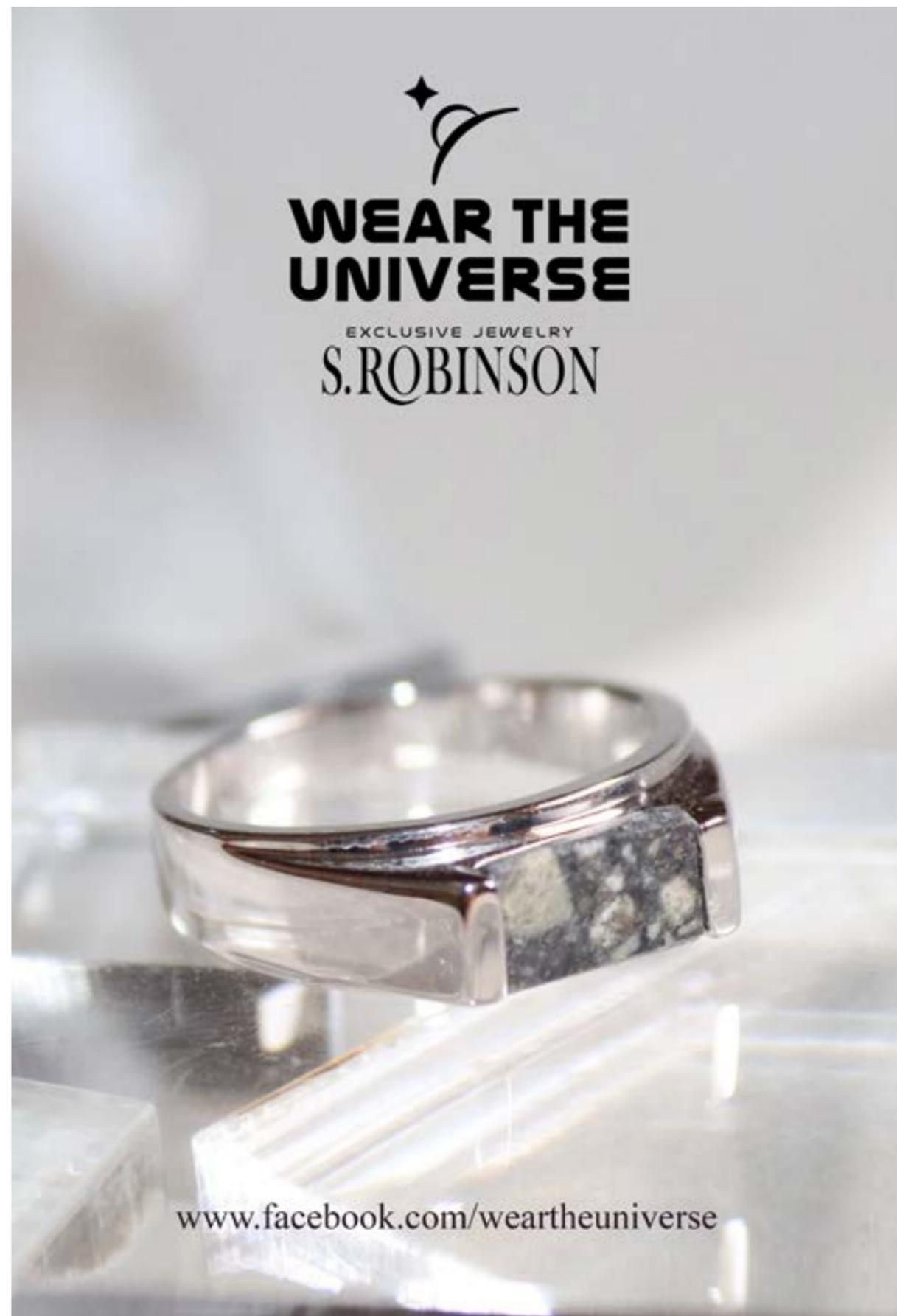
Envíos a todo el mundo.

[laboratory@meteoriteslab.org](mailto:laboratory@meteoriteslab.org)



VERIFICA, EMBELLECE Y PROTEGE

TUS **METEORITOS**,  
**MINERALES** Y **FÓSILES**



LABORATORIO  
PETROGRÁFICO  
'METEORITES LAB'

Apdo. Correos 3  
35260 Agüimes  
LAS PALMAS  
ESPAÑA

