



Año VI. Núm. 35. Sept - Octubre 2022 - ISSN 2605-2946

www.revistameteoritos.es

Meteoritos

Journal

Geología Planetaria - Astronomía - Petrografía
Geoquímica - Investigación - Astromateriales.

**Cuarzos chocados
del cráter Mien**
José García

**El meteorito de
Bañobárez**
Victoriano Canales

**Extinción de la
Megafauna**
Max Rocca



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. © METEORITOS, 2022/32. All Right Reserved. Se reconocen los derechos de propiedad intelectual de los autores firmantes.

Revista digital bimestral.
www.revistameteoritos.es

Direc. editorial; Sonia Pérez.
Diseño y maquetación; Justo P. Aguado.
Dirección técnica; José García.
ISSN; 2605-2946.
P.O. Box 3. Agüimes 35260.
Las Palmas, España.

Política de Publicidad;
Consulte condiciones para publicidad comercial escribiendo a nuestro e-mail.

METEORITOS es una revista dedicada única y exclusivamente a la divulgación de temas sobre ciencias planetarias y noticias de actualidad. No avala ningún artículo firmado, es un medio independiente y no refrenda a ninguna institución.

Portada; Cuarzo chocado de MIEN, sección delgada. ADARA, Petrography & Curation Meteorites Lab.



Sumario



LABORATORIO. Las Brechas polimícticas de Marte Pág. 18



LABORATORIO. Charcas, el meteorito fantasma Pág. 24

EDITORIAL. Iniciamos el curso 2022/23. Pág. 3

NOTICIAS DEL ESPACIO. Pág. 4

Preguntas de los lectores. Pág. 12

PIEZAS DEL MUSEO. NWA 13272, ung. ach. Pág. 16

CRÁTERES. Cuarzos chocados del cráter Mien. Pág. 40

ACTUALIDAD. Un día en el laboratorio petrográfico. Pág. 48

HISTORIA. El meteorito de Ensisheim. Pág. 56

INVESTIGACIÓN. El Meteorito de Bañobárez. Pág. 58

INVESTIGACIÓN. Extinción de la Megafauna. Pág. 60

TU COLECCIÓN. La gestión de un NO. Pág. 66



Editorial



Queridos amigos y lectores.

Parece que fue ayer, cuando dábamos la bienvenida al verano, con la ilusión característica de eventos y avances importantes en investigación. Y es que el verano es tiempo de descanso, pero nunca dejamos de lado las responsabilidades.

Ahora ya damos la bienvenida de nuevo a septiembre, y con él, al inicio del nuevo curso 2022/23. Y también dan la bienvenida al verano en el hemisferio sur del planeta, donde también hay lectores de esta revista que hacemos entre todos.

Estas fechas han sido intensas. Se han triplicado los trabajos en el laboratorio, donde durante todo el periodo estival no han dejado de llegar cientos de muestras para su análisis. Con el consiguiente retraso que conlleva una elevada carga de trabajo, y un horario más limitado por las vacaciones. No por ello ha dejado de haber importantes avances, como la clasificación oficial de nuevos meteoritos, que os iremos compartiendo en los números siguientes de la revista.

Pero quizás uno de los puntos de inflexión más difíciles ha sido el tener

que bregar con personas que casi han pretendido obligar al personal de laboratorio a certificar y clasificar rocas que poco o nada tienen que ver con meteoritos, so pena de amenazas, descrédito y otras cuestiones no menos agradables.

Es lamentable tener que dedicar tiempo y esfuerzos a un tema como este, cuando la labor del laboratorio no deja de ser imparcial y a favor siempre, como no puede ser de otra manera, de la ciencia y el conocimiento.

Por otra parte, también hemos trabajado mucho en exposiciones, y esto nos llevó hasta la provincia de Ávila, donde el pasado 14 de agosto se clausuraba la exposición de meteoritos que se inauguró en mayo pasado, y de la que dimos cuenta en el número anterior de la revista.

Es maravilloso disfrutar del entusiasmo de las personas que contemplan y sostienen en sus manos fragmentos de rocas venidas de lo más profundo de nuestro sistema solar.

Ahora se prevé un otoño y nueva temporada colmada de trabajos nuevos, nuevos análisis, y sin duda,

muchas nuevas clasificaciones de ejemplares que están llegando al laboratorio. De igual manera, a partir del próximo número de METEORITOS, se dará inicio a una nueva sección dedicada a la Planetología, donde iremos descubriendo los secretos de los cuerpos que comparten nuestro espacio interplanetario.

Por el momento les dejamos con este nuevo número cargado de temas de interés, como los desconocidos meteoritos de Charcas, cuya historia nos cuenta el doctor Roberto Bartali y compañeros, y el meteorito de Bañobárez, que nos relata Victoriano Canales.

Por otra parte, Maximiliano Rocca nos comparte una interesante reflexión sobre las posibles causas que originaron la extinción de la megafauna. Creo que la teoría y reflexiones anexas no dejarán a nadie indiferentes.

Les relatamos cómo es un día en el laboratorio petrográfico, qué labor se hace con las muestras desde que llegan hasta que se concluyen los análisis y se comunica el resultado, y ya que muchas veces los resultados no son los esperados, hay muchas personas que se frustran y en lugar de aprender y valorar aspectos positivos, prefiere amenazar, desacreditar e insultar a los técnicos cuya única culpa ha sido interpretar lo que ven los instrumentos de análisis en nuestras rocas. Gestionar un no es fácil, si se cuenta con la disposición adecuada por parte del cliente.

Es todo, disfruten de la lectura, y hasta el próximo número.

**José García, Director.
Revista METEORITOS.**



Germinan plantas en regolito lunar



Las plántulas cultivadas en suelo volcánico terrestre (imágenes más a la izquierda, JSC1A) fueron las más grandes y saludables en comparación con las cultivadas en regolito lunar. Las plántulas del Apolo 11 fueron las más atrofiadas y mostraron un perfil genético estresado, mientras que las que crecieron en el suelo de los Apolo 12 y 17 eran sanas y pequeñas. Crédito: Paul et al., 2022.

En un pequeño jardín cultivado en laboratorio, han brotado las primeras semillas plantadas en suelo lunar. Un equipo de investigadores dirigido por Anna-Lisa Paul de la Universidad de Florida desarrolló estos experimentos utilizando una planta bien estudiada llamada *thale cress*. El "suelo" lunar consis-

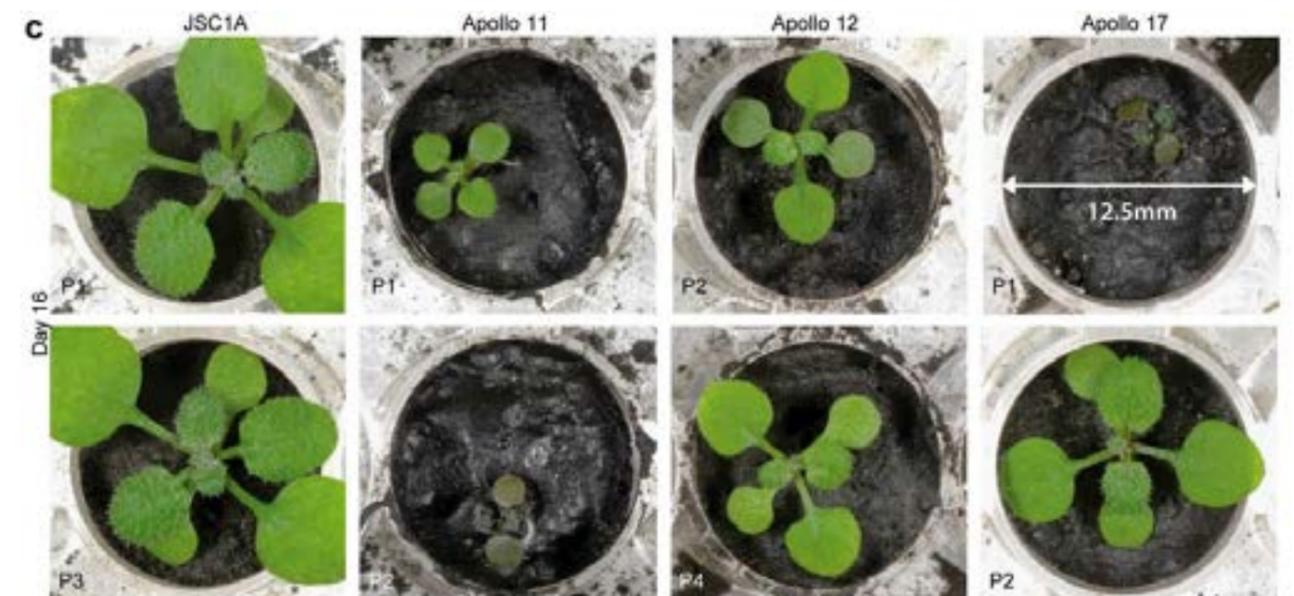
te en regolito, una capa fina y polvorosa de escombros que cubre la Luna. Este regolito es similar al regolito terrestre pero carece de los compuestos orgánicos que sustentan la vida. Las semillas se plantaron en doce macetas que contenían regolito de las misiones Apolo 11, 12 y 17. Dieciséis macetas se llenaron con suelo volcánico terrestre como control, y todas las plantas se cultivaron bajo luces LED. Las semillas comenzaron a brotar después de dos días y durante los primeros seis días, todos los brotes parecían idénticos.

Después de 16 días, las plantas más sanas cultivadas en suelo lunar eran pequeñas, mientras que las plantas más enfermizas mostraban una pigmentación morada,

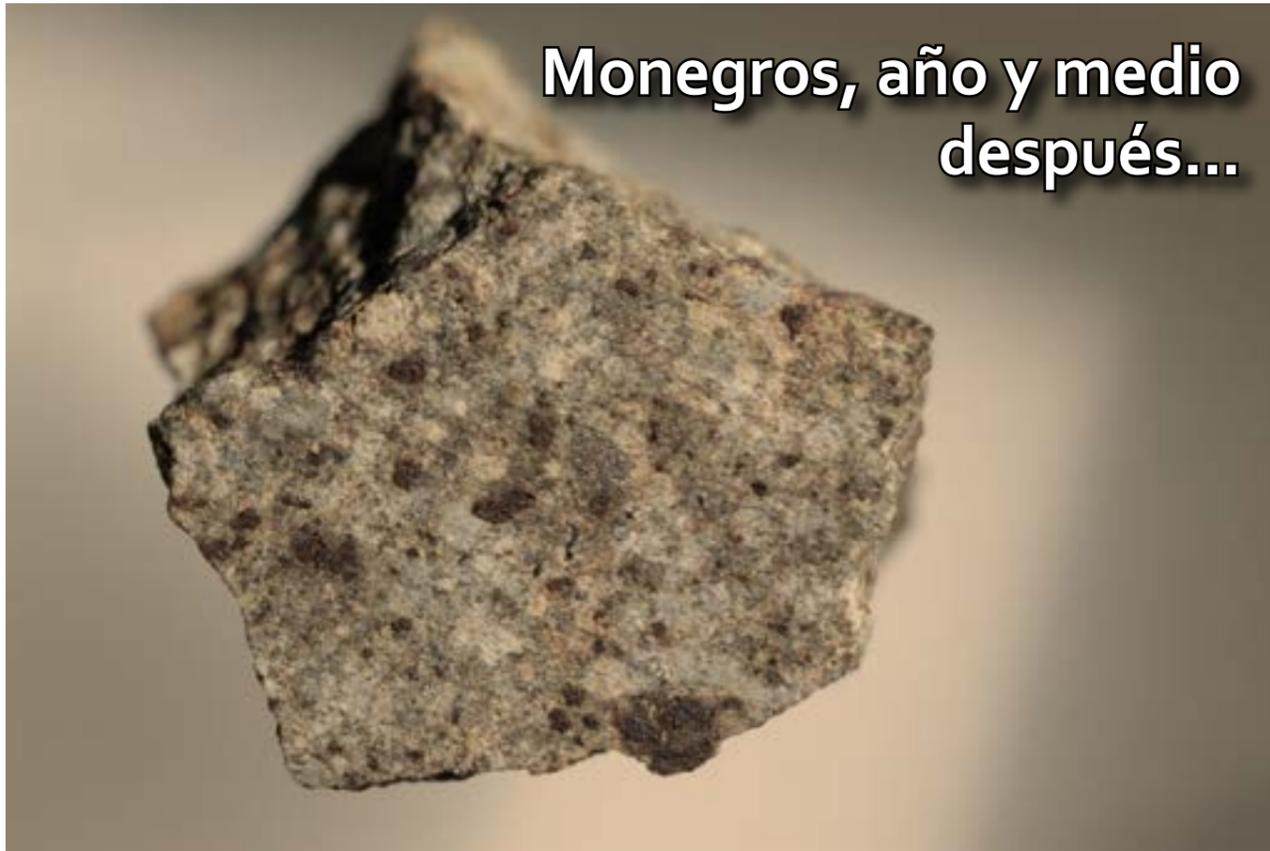
un signo de estrés de la planta. Ninguna de las plántulas creció tan bien como las cultivadas en suelo terrestre. El equipo también examinó la expresión génica y descubrió que todas las plantas lunares exhibían respuestas de estrés similares a las de las plantas terrestres que luchan por crecer en un suelo rico en metales, sales y compuestos de oxígeno reactivo. Además, las plántulas cultivadas en muestras del Apolo 11, que

estuvieron expuestas en la superficie lunar durante más tiempo, expresaron genes asociados con la falta de nutrientes y la toxicidad. Esto sugiere que la exposición prolongada al regolito en la superficie lunar conduce a un enriquecimiento en el vidrio de impacto y el hierro metálico derivado de los impactadores, lo que lo hace más tóxico para el crecimiento de las plantas. Estos hallazgos muestran que los hábitats lunares deberían

ubicarse en regiones con regolito relativamente joven. La próxima misión Artemis de la NASA ofrece un nuevo incentivo para explorar las posibilidades de la agricultura lunar para apoyar misiones a largo plazo. Este trabajo allana el camino para comprender mejor la habitabilidad del regolito lunar y para el desarrollo de plantas modificadas genéticamente que puedan sobrevivir en el duro regolito.



Monegros, año y medio después...



El próximo día 20 de septiembre se cumple año y medio de la aprobación del último meteorito español, MONEGROS. Una pequeña pieza que el geólogo Carlos Auernheimer, catedrático de la Universidad de Alicante, encontró en el desierto aragonés, y que no supo cómo calificar. Ocurría en 1994, y desde entonces, la roca, de 78 gramos, permaneció en su colección personal como una roca curiosa.

Fue después del deceso del investigador, que su descendiente, revisando la colección de ejemplares de su padre, descubrió la pieza, que enseñó al paleontólogo y coleccionista de meteoritos Juan Avilés, de la Universidad de Alicante, quien pudo confirmar que aquella roca largo tiempo guardada, era en realidad un meteorito de tipo condrita.

Saltaron las alarmas, sobre todo porque España es un país donde apenas una treintena de meteoritos han sido oficialmente documentados, sin duda consecuencia de que su suelo no es precisamente apto para buscar meteoritos. Casi es una casualidad llegar a este punto. Y esa casualidad había sucedido. Un nuevo meteorito se perfilaba en el horizonte español, y además, con una masa total extremadamente reducida.

El ejemplar fue trabajado, se extrajo el espécimen tipo de 16 gramos, y se propuso la clasificación oficial a través del investigador Daniel Sheikh, del Departamento de Ciencias Geológicas, de la Universidad del Estado de Florida.

El análisis realizado por el especialista reveló que se trataba de una condrita ordinaria, compuesta de

cóndrulos de hasta 0,7 mm dentro de una matriz de polvo fino que contenía feldespato recristalizado, cromita, troilita, kamacita, taenita y óxidos de hierro.

El análisis geoquímico reveló una composición de Olivino ($Fa_{24.7} \pm 0.6$, variando $Fa_{24.0-26.3}$, $n=32$), Low-Ca piroxeno ($Fs_{21.1} \pm 0.8 Wo_{1.5} \pm 0.4$, variando $Fs_{19.7-22.6} Wo_{0.9-2.1}$, $n=28$).

Todos los datos analíticos concluían que se trataba de una condrita ordinaria de tipo petrográfico L5, con un grado de choque moderado, S3 y un grado de alteración medio, W2.

El ejemplar fue despiezado, y parte del mismo fue puesto a disposición de coleccionistas de todo el mundo. Un fragmento de 3.45 gramos fue donado a nuestro laboratorio para ser reservado en el repositorio, y otro fragmento más (apenas 0.39 gramos) fue adquirido para aumentar la masa.

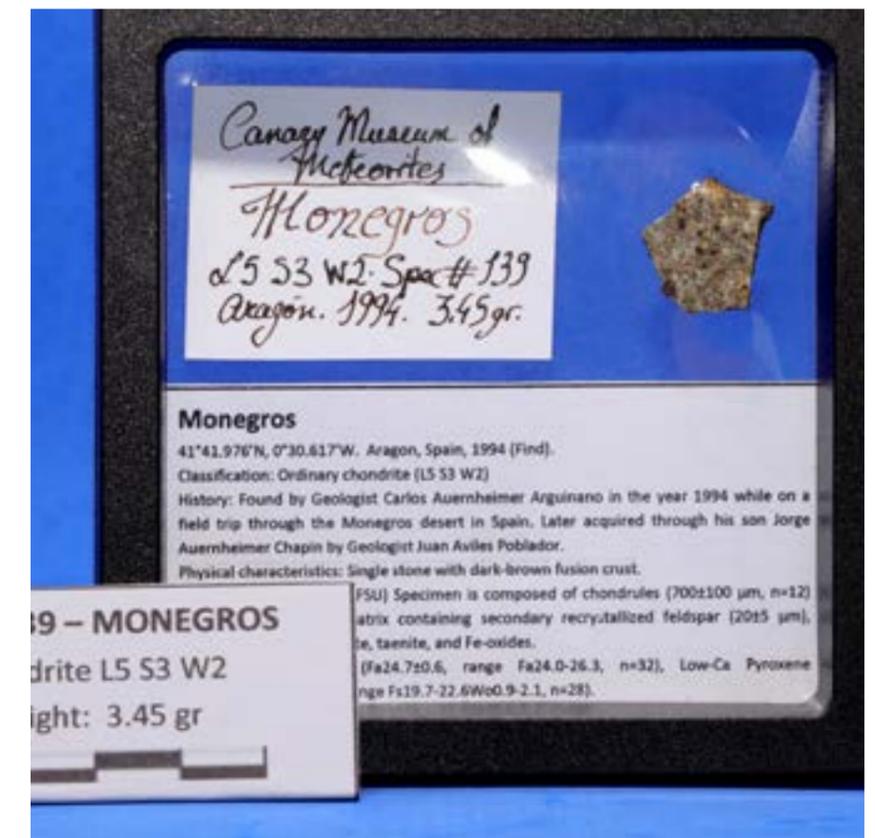
A pesar del pequeño tamaño del meteorito, no deja de tener una relevante importancia el hecho de haber sido caído y encontrado en territorio español, lo que lo convierte en un espécimen de especial interés para la ciencia de nuestro país.

El meteorito ha pasado décadas sin honor ni gloria, y así sigue siendo. A pesar de su humilde contribución al conocimiento de la

ciencia, ya que se trata de un fragmento asteroidal, procedente del cinturón principal, y que se formó hace 4600 millones de años, mucho antes de que lo hiciera nuestro planeta. Y es que las condritas, mal llamadas ordinarias (por ser las más comunes), deberían ser llamadas extraordinarias, ya que son las páginas del libro de la historia más primitiva de nuestro sistema solar, donde se conservan los registros de los procesos ocurridos en las primeras etapas de formación del sol y de los cuerpos menores.

MONEGROS es una joya, como tantas otras en este mundo de los

meteoritos, y por ello es vital preservarlo y darlo a conocer. Sin embargo no existe ningún fragmento de este meteorito en el Museo Nacional, ni los especialistas españoles han mostrado algún interés en él, simplemente porque se encontraba en manos privadas y quien lo tenía, sabía lo que era. La ciencia española ha hecho oídos sordos, simplemente porque no ha sido ella la que ha descubierto y clasificado el meteorito. Así están las cosas en este país, y por eso nosotros hemos querido recordarlo, ahora que se cumple un año y medio desde que fuera oficialmente clasificado.



METEOROS Y METEORITOS.NET

PATROCINADOR DE LA REVISTA
Síguenos en Facebook.

www.facebook.com/meteorosymeteoritos.net

Descubren en Marruecos una daga fabricada con meteorito.



El pasado mes de junio recibíamos del Dr. Lahcen Ouknine el último trabajo de investigación, liderado por el profesor Dr. Abderrahmane Ihbi, de la Universidad Ibn Zhor (Agadir) en el que los investigadores presentaban las conclusiones de uno de sus más recientes hallazgos; una daga milenaria, hallada en el norte de Marruecos, y fabricada por hierro meteórico.

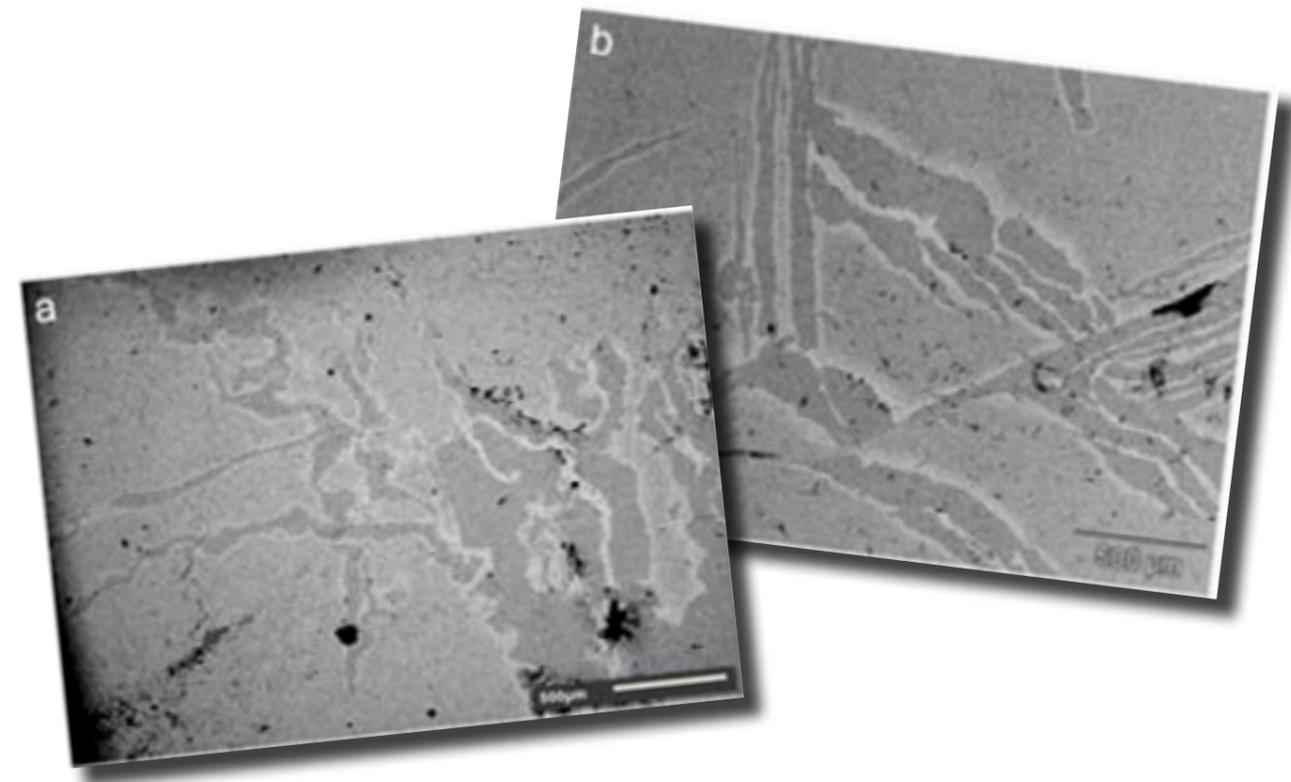
El descubrimiento de la daga ocurrió el pasado año 2020, y tras profundos análisis mediante técnicas por fluorescencia de rayos X y por SEM-BSE entre otros, se determinó que la daga contenía hasta un 7.22 % de níquel y hasta 1.1 % de cobalto.

El metal se encontraba bastante oxidado, pero se pudo obtener hierro fresco tras un pequeño corte, en el que además se documentó la particular estructura de Wid-

manstatten, eso sí, alterada por el calor utilizado en la fabricación del instrumento.

El descubrimiento ha despertado un gran interés en la comunidad arqueológica, ya que es la primera vez que se documenta el uso de hierro de meteoritos en instrumentos fabricados en las edades antiguas de las ancestrales culturas de Marruecos.

La investigación además concluyó con la comparación de la composición de la daga con la de varios meteoritos de la región donde fue hallada, y todo parece indicar que presenta lazos genéticos con el hierro Oglat Sidi Ali, un metalico inagrupado cuya composición química parece ser casi idéntica.





Nuevo mapa de 16 Psyche.

La NASA se prepara para lanzar una histórica misión para estudiar el asteroide 16 PSYCHE. Pero antes de que la sonda llegue allí, los científicos aprendieron algunas cosas importantes sobre el misterioso objeto. El nuevo estudio del Instituto Tecnológico de Massachusetts publicado en el Journal of Geophysical Research utilizó datos del Atacama Large Millimeter/Submatrix (ALMA) para crear el mapa más preciso de la superficie de Psyche hasta la fecha.

En general, encuentran que la superficie del asteroide es muy diversa, lo que sin duda hará un examen de cerca fascinante. Hace solo unos

años, una visita a cualquier asteroide no habría tenido precedentes, sin embargo, visitar a Psyche es importante porque no sólo es un asteroide. Es el asteroide de tipo M más grande conocido, lo que significa que es rico en metales.

Los astrónomos creen que este objeto, ubicado en el gran cinturón de asteroides entre Marte y Júpiter, es en realidad el núcleo mineral expuesto de un planeta del sistema solar primitivo. Estudiarlos podría ayudarnos a comprender la formación de planetas de formas completamente nuevas. Psyche tiene la forma de una papa grumosa, que es grande para un asteroide con un

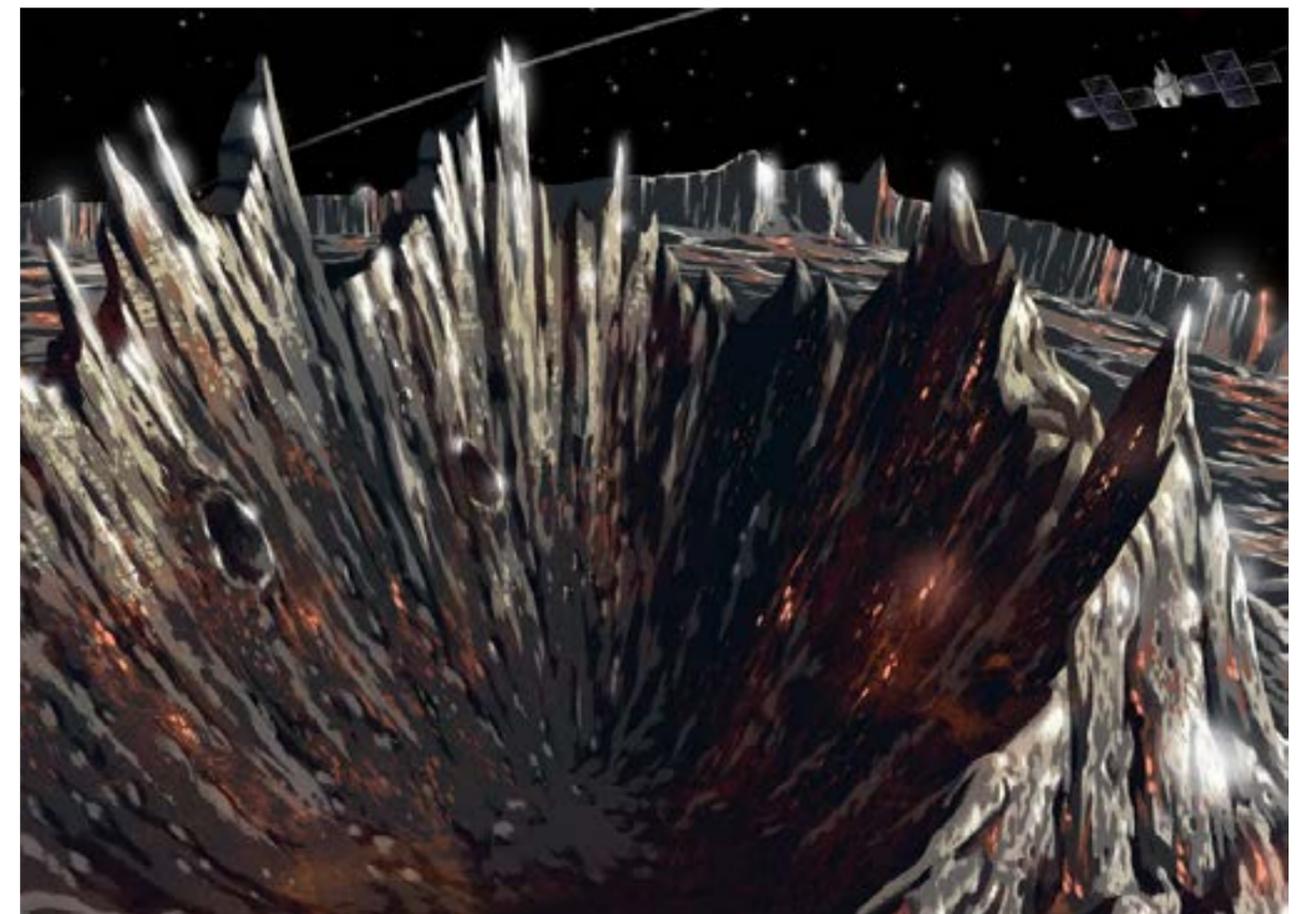
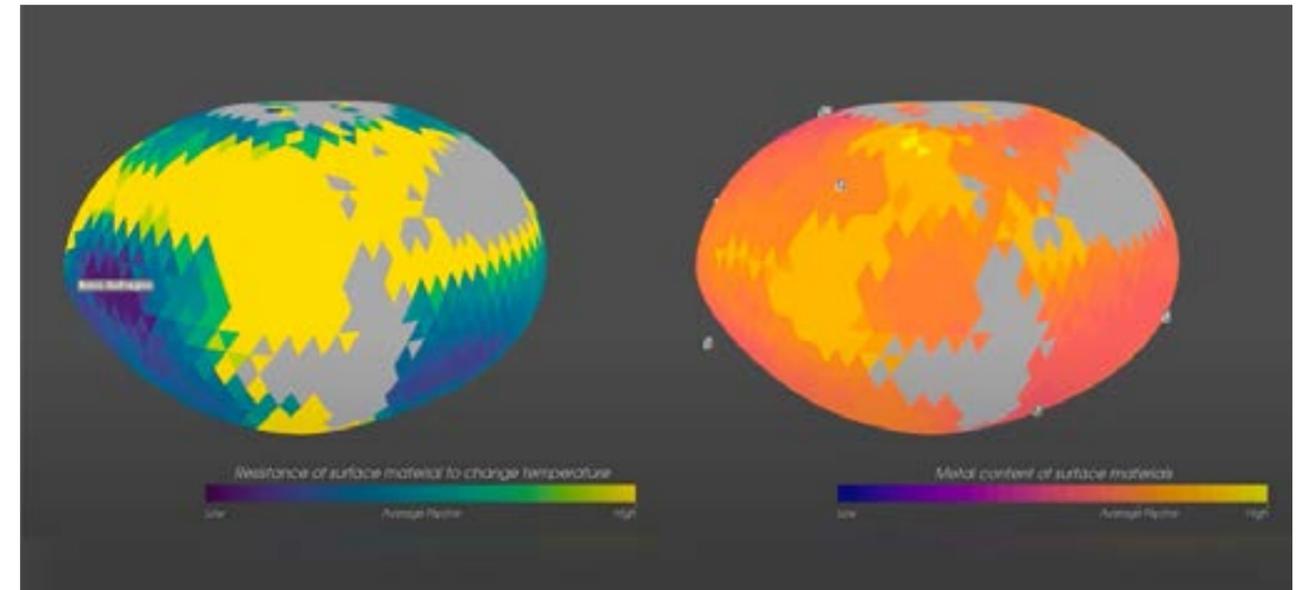
diámetro promedio de 137 millas (222 kilómetros). Sin embargo, esto es demasiado pequeño para observaciones de alta resolución con los mejores telescopios ópticos de la actualidad. Los datos de ALMA utilizados en este análisis se recopilaron utilizando las 66 antenas de radio del instrumento en 2019.

Los investigadores combinaron estas señales en una sola señal, lo que resultó en un telescopio hipotético de unas 10 millas de ancho. Con una resolución de 20 millas por píxel, fue posible ejecutar simulaciones por computadora y crear el mejor mapa de la historia de la posible formación de Psyche. Estos mismos datos se uti-

lizaron para producir un modelo 3D de alta resolución para Psyche en 2021. El equipo comparó la simulación con las emisiones térmicas de Psyche para validar el modelo utilizado en ella. El nuevo mapa indica la historia del asteroide. Las áreas de mayor conteni-

do de roca podrían ser los restos de un manto antiguo que fue despojado de las colisiones, y las áreas altamente mineralizadas podrían ser donde ocurrieron las primeras erupciones de lava mineral. Estos datos en la plataforma de mosaico Psyche 16 podrían

ayudar a la NASA a prepararse para la misión Psyche, cuyo lanzamiento está programado para septiembre a bordo del SpaceX Falcon Heavy. Tardará unos tres años y medio en llegar al asteroide, momento en el que pasará dos años haciendo observaciones.



Preguntas de los lectores

¿SON SIEMPRE ESFÉRICOS LOS CÓNDRULOS?

Estimado lector.

Los cóndrulos, corpúsculos que dan nombre a las condritas, se conocen por su particular forma esférica, sobre todo porque su petrogénesis tiene lugar a partir de gotas fundidas que flotan en el espacio, y que se enfrían y cristalizan en micro-gravedad.

Esto implica que adquieran tal forma, según las leyes de la termodinámica. Los materiales fundidos que generan los cóndrulos tienen al equilibrio hidrostático formando gotas esféricas cristalizadas.

Si bien por lo general tienen esta forma, se ha observado que algunos cóndrulos son más irregulares, y se considera que es debido a que sus minerales no sufrieron más que fusión parcial, por lo que desafiaron la forma esférica para quedar como cóndrulos porfídicos. Y por otra parte,

hace una década, Metzler describió la existencia de cóndrulos aplastados o irregulares, en forma de racimos (Cluster chondrites, METEORITOS, número 34) que siendo cóndrulos regulares, se habrían deformado parcialmente por acción mecánica cuando aún estaban en estado caliente.

Para conocer más de ellos, te remito al número anterior de la revista, donde se publicaba un extenso artículo.



¿QUIÉN PUEDE CERTIFICAR UN METEORITO?

Estimado lector.

Ante todo, vamos a separar "certificar" de "clasificar". Cuando una persona tiene una roca que puede ser meteorito, será un científico, perteneciente a una institución acreditada, y con formación especializada en el tema, quien analizará la roca, determinará su autenticidad, y lo inscribirá oficialmente en The Meteoritical Bulletin, que es la mayor certificación que se puede hacer del ejemplar.

Sin embargo, a partir de este momento, será el poseedor de la masa principal y propietario legítimo en origen del meteorito, quien podrá emitir un certificado de autenticidad para cada ejemplar o fragmento que se extraiga y se ceda a terceros.

Esta certificación la emite quien tiene plena responsabilidad del origen de su meteorito, y asume



con ella todas las consecuencias legales en cuanto que es un documento público, consciente de que la falsedad en documento público es un delito.

No por ello incurre en delito si el meteorito es reclasificado oficialmente o se estima con el tiempo que su tipología es diferente.

Regálale una estrella con su nombre

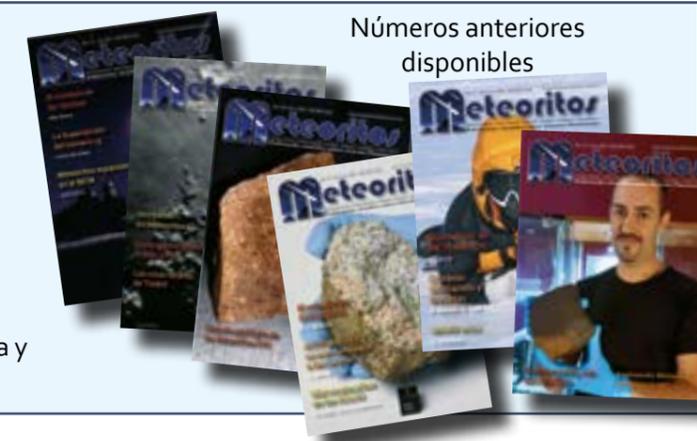
INFO: meteoritoscanarias@gmail.com

Meteoritos
Revista Científica del MCM

SUSCRÍBETE
a nuestra revista en PDF.

Entra en la web, y suscríbete gratis.
www.revistameteoritos.es

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



Números anteriores disponibles



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; **METEORITOSCANARIAS@GMAIL.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. No realizará ninguna revisión por pares.

Más información, suscripciones, colaboración, etc, en nuestra página web www.revistameteoritos.es o a través de las redes sociales.

Revista científica dedicada a la 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.

Suscríbete y sigue la revista desde nuestra web en www.revistameteoritos.es y recíbela gratis en PDF.

Si Estudias Ciencias de
la Tierra y el Espacio
Puedes publicar tu artículo.

Revista METEORITOS
Tu revista científica sobre
Ciencias Planetarias

www.revistameteoritos.es


**WEAR THE
UNIVERSE**
EXCLUSIVE JEWELRY
S.ROBINSON



Visítanos en Facebook e Instagram
[@weartheuniverse](https://www.instagram.com/weartheuniverse)



Northwest Africa 13272

Información básica

Nombre: Northwest Africa 13272

Este es el nombre oficial del meteorito.

Abreviatura: NWA 13272.

Caida observada: No.

Año de hallazgo: 2019.

País: Northwest Africa.

Masa: 1603 gramos.

Historia de la clasificación:

Recomendada: Acondrita inagrupada.

Redacción en MB 109:

Northwest Africa 13272.

Comprado; Diciembre 2019.

Clasificación; Acondrita inagrupada.

Petrografía: El espécimen tiene una textura ígnea poiquilítica de grano fino. Compuesto predominantemente de oicocristales de piroxeno zonificados polisintéticamente maclados (con dominios de ortopiroxeno, pigeonita y augita subcálcica) que encierran chadacristales de olivino, junto con vidrio silíceo desvitrificado

intersticial (rosa pálido en sección delgada) más troilita accesoria (algo que contiene Cr), Cromita pobre en Ti y kamacita muy rara (algunas alteradas a hidróxidos de Fe). El olivino se tiñe preferentemente de naranja pálido en secciones delgadas, y hay algunas venas de dilatación transversales llenas de olivino triturado y ortopiroxeno. Se encuentran presentes calcita secundaria menor y anhidrita.

Geoquímica: Olivino (Fa24.0-29.5, N = 8), ortopiroxeno (Fs17.9-19.0Wo2.0-3.8, N = 5), pigeonita (Fs18.9-19.0Wo7.2-9.0, N = 2), subcálcica augita (Fs12.2-12.6Wo33.7-37.1, N = 4). Isótopos de oxígeno (K. Ziegler, UNM): los análisis de submuestras a granel lavadas con ácido mediante fluoración láser dieron, respectivamente, $\delta^{17}\text{O}$ 4.120, 4.159, 4.045; $\delta^{18}\text{O}$ 5,908, 6,096, 5,717; $\Delta^{17}\text{O}$ 1,001, 0,940, 1,026 por mil.

Un ejemplar completo de 95 gramos, junto con dos secciones delgadas se encuentran en el repositorio de ADARA Meteorites Lab.

TU TIENDA ON-LINE

WWW.GEOCOLECCION.COM

Meteoritos
Minerales
Fósiles
Coleccionables

Con Certificados de AUTENTICIDAD
y la garantía de ser miembro de
THE METEORITICAL SOCIETY



Las brechas polimícticas de Marte.

JOSÉ GARCÍA.
The Meteoritical Society member 5976.
www.meteoriteslab.org
laboratory@meteoriteslab.org

CITATION;
García, J. "Las brechas polimícticas de Marte". METEORITOS (ISSN2605-2946), núm 35, pp. 18-22, 2022.

Queremos hoy compartirles la nota técnica enviada por un equipo de investigadores al Comité de Nomenclatura de The Meteoritical Society, por la cual se solicitó la revisión y el cambio de nombre a la tipología de las ya famosas brechas basálticas de Marte, entre cuyos miembros más conocidos está NWA 7034, Black Beauty. Los motivos aducidos por los investigadores han dejado de manifiesto que la nueva designación como "Brechas Polimícticas Marcianas" engloba con mayor cierto este tipo de rocas que ya alcanzan un valor en el mercado de los coleccionistas de varios miles de dólares el gramo.

El motivo para sugerir este cambio de nomenclatura está basado en las propiedades estructurales y composicionales de los meteoritos Northwest Africa (NWA) 7034, y sus paritarios (NWA 7475, NWA 7906, NWA 7907, NWA 8114, NWA 8171, NWA 8674, NWA 10922, NWA 11220, NWA 11522, NWA 11896, NWA 11921, NWA 7533 [actualmente "acondrita-ung" pero emparejado inequívocamente con NWA 7034, p. con NWA 7034, NWA 7475, NWA 7533, NWA 10922 y otros de la misma área.], y Rabt Sbayta 010.

NWA 7533: ◀
Créditos; Labenne.

NWA 7475: ▶
Créditos; Weir.



Hasta la aprobación del nuevo tipo técnico, estos meteoritos aparecían como Brecha Basáltica Marciana, que literalmente hacía alusión a un meteorito marciano, una brecha compuesta principalmente de clastos basálticos, y que no está relacionado con los tipos shergotita, nakhlita o chassignita.

Este término de nomenclatura se ideó después de la publicación inicial en NWA 7034 (Agee et al. 2013), que interpretó erróneamente la piedra como un "basalto porfídico brechado monomictico".

Las razones por las que la "brecha basáltica" es engañosa son:

(1) el término "basáltico" tiene una connotación de litología volcánica, que no se ha demostrado de manera concluyente para estos meteoritos; por el contrario, estas rocas son polimícticas e incluyen altas proporciones de fundidos de impacto (el componente de clasto dominante en algunas de estas piedras, Wittmann et al. 2015), componentes de impacto (Humayun et al. 2013; Udry et al. 2014; Hewins et al. 2016; Goderis et al. 2016), clastos de roca sedimentaria (Wittmann et al. 2015; McCubbin et al. 2016), clastos de piroxeno con bajo contenido de Ca enfriados lentamente (Hewins et al. 2016) y diversos clastos que han sido identificados como noríticos, monzoníticos, traquiandesíticos, andesíticos basálticos, etc. (p. ej., Humayun et al., 2013; Wittmann et al. 2015; Santos et al. 2015).

(2) no está claro si estos meteoritos contienen clastos de basalto, porque se demostró que los clastos de grano fino a medio con composiciones basálticas incluyen altas concentraciones de elementos siderófilos, lo que sugiere que

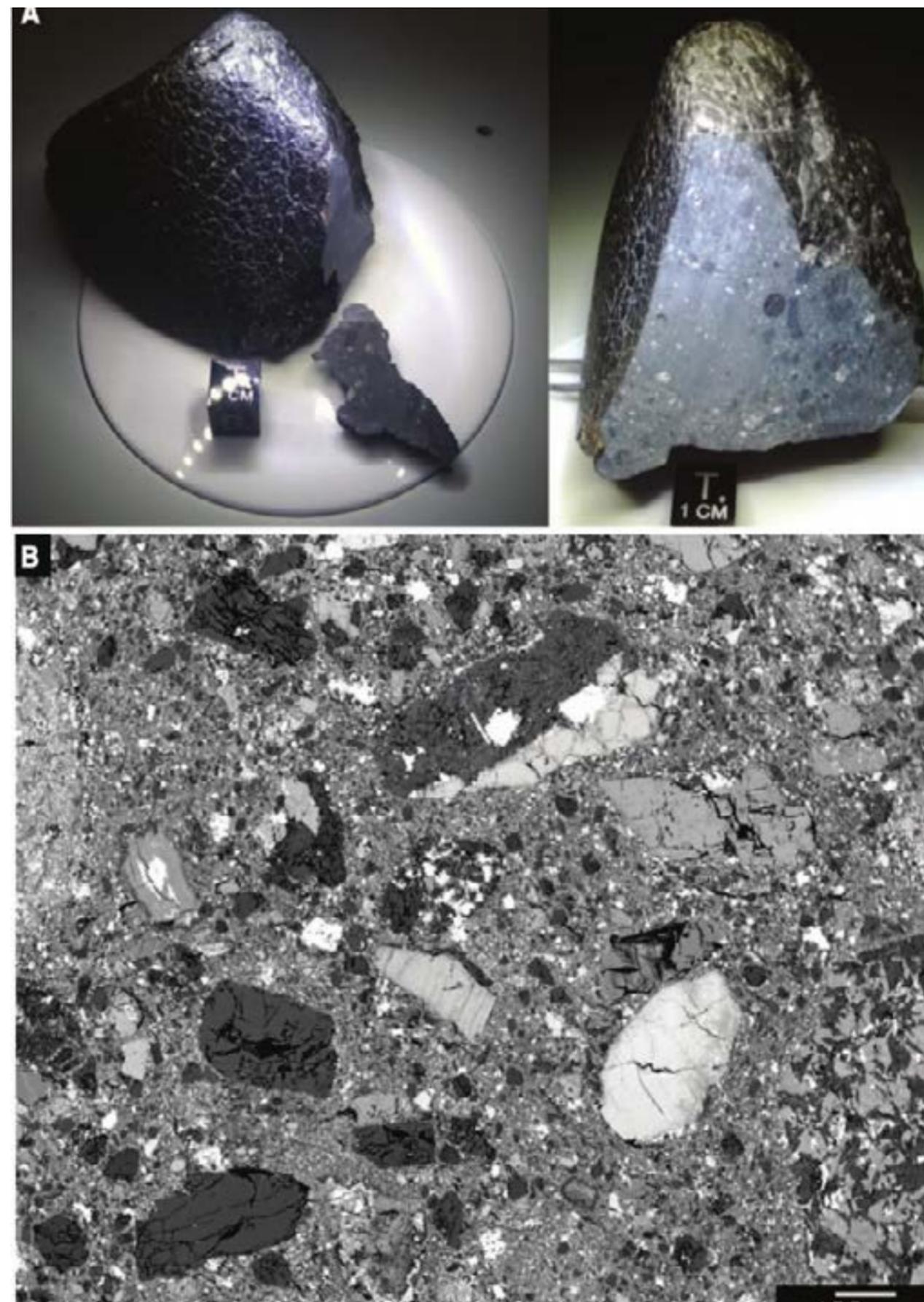
muy probablemente sean fragmentos de rocas fundidas por impacto (cf., Humayun et al. 2013; Udry et al., 2014; Wittmann et al. 2015; Hewins et al., 2016).

(3) la composición basáltica (p. ej., SiO₂ y concentración de álcalis de su roca a granel) es ambigua y utiliza arbitrariamente un esquema de clasificación química para rocas volcánicas terrestres que pasa por alto la complejidad de este nuevo conjunto de meteoritos marcianos.

Finalizan su petición aludiendo que numerosas publicaciones desde entonces corrigieron esta interpretación y el consenso es que estas piedras son brechas de regolito (Humayun et al. 2013; McSween 2013; Cartwright et al. 2014; Muttik et al. 2014; Nemchin et al. 2014; Beck et al. 2015; Bellucci et al., 2015; Lorand et al., 2015; Wittmann et al., 2015; Leroux et al., 2016; Sautter et al., 2016; McCubbin et al., 2016; cf., Stöffler y Griewe (2007).

Aunque la brecha de regolito es la descripción más precisa para estas piedras que se ha demostrado que incluyen altas proporciones de componentes impactadores en partículas fundidas que se colocaron simultáneamente con la litificación de la brecha, incluidas esférulas fundidas de tamaño centimétrico que son componentes característicos del regolito (Humayun et al., 2012). 2013; Udry et al. 2014; Wittmann et al. 2015; Goderis et al. 2016; McCubbin et al. 2016; Hewins et al. 2016), este término puede conllevar demasiada interpretación genética de la deseada por el Comité de Nomenclatura.

De esta manera los investigadores sugerían que "brecha polimíctica



marciana" (cf., Santos et al. 2015; Nyquist et al. 2016; Gattacceca et al. 2016) es más adecuado como término de nomenclatura para NWA 7034 y piedras emparejadas, especialmente porque "brecha polimíctica" es un término de nomenclatura establecido para las eucritas.

La reclasificación de los meteoritos es algo que, aunque no ocurre de manera habitual, sí se ha dado en varias ocasiones, sin duda propiciado por el avance de las investigaciones científicas. Aquí es donde radica la justificación de la necesidad de donación de fragmentos a los equipos científicos, ya que solo con un mayor número de muestras es posible seguir comprendiendo la compleja geología de nuestro sistema planetario, y llegar a determinar fehacientemente los conceptos y la historia geológica que nos precede.

Mientras tanto, no solo éstos han sido los únicos meteoritos reclasificados. También se producía hace tiempo la reclasificación de los meteoritos Al Haggounia 001 y sus paritarios, que eran tenidos como acondritas aubritas, y que finalmente, tras extensas investigaciones, se concretó que eran condritas de enstatita.

Para los coleccionistas, algunas de estas reclasificaciones suponen pérdidas económicas considerables, ya que no es lo mismo vender fragmentos de una aubrita, que de una condrita de enstatita. No podemos menos que recordar a la memorable NWA 7325, que habiéndose hecho famosa por proceder, supuestamente, de Mercurio, esta acondrita delató posteriormente a través de sus patrones de isótopos de oxígeno, estar emparejada con las ureilitas. Hubo quie-

nes pagaron auténticas fortunas por poseer fragmentos de Mercurio, cuyo valor se desplomó tras el anuncio de su tipología correcta.

A veces para bien, a veces para no tanto bien, en lo que al plano coleccionista y comercial se refiere, lo cierto es que el trabajo que los científicos planetarios realizan es una verdadera caja de sorpresas que nos demuestra que aún nos quedan muchas cosas por descubrir y comprender de nuestro complejo sistema solar y sus materiales. Por esta misma razón, desde aquí seguimos haciendo un llamamiento para que no dejen de hacer donación de muestras a los organismos científicos que los pueden estudiar y sacarles sus secretos. Porque solo de esta manera, llegaremos a entender totalmente el verdadero valor de este ecosistema que llamamos Sistema Solar, y del que inevitablemente formamos parte.



En 2023

Expedición Científica para la búsqueda de meteoritos

ATACAMA Chile

Próximamente información para interesados

CHARCAS, el meteorito fantasma.

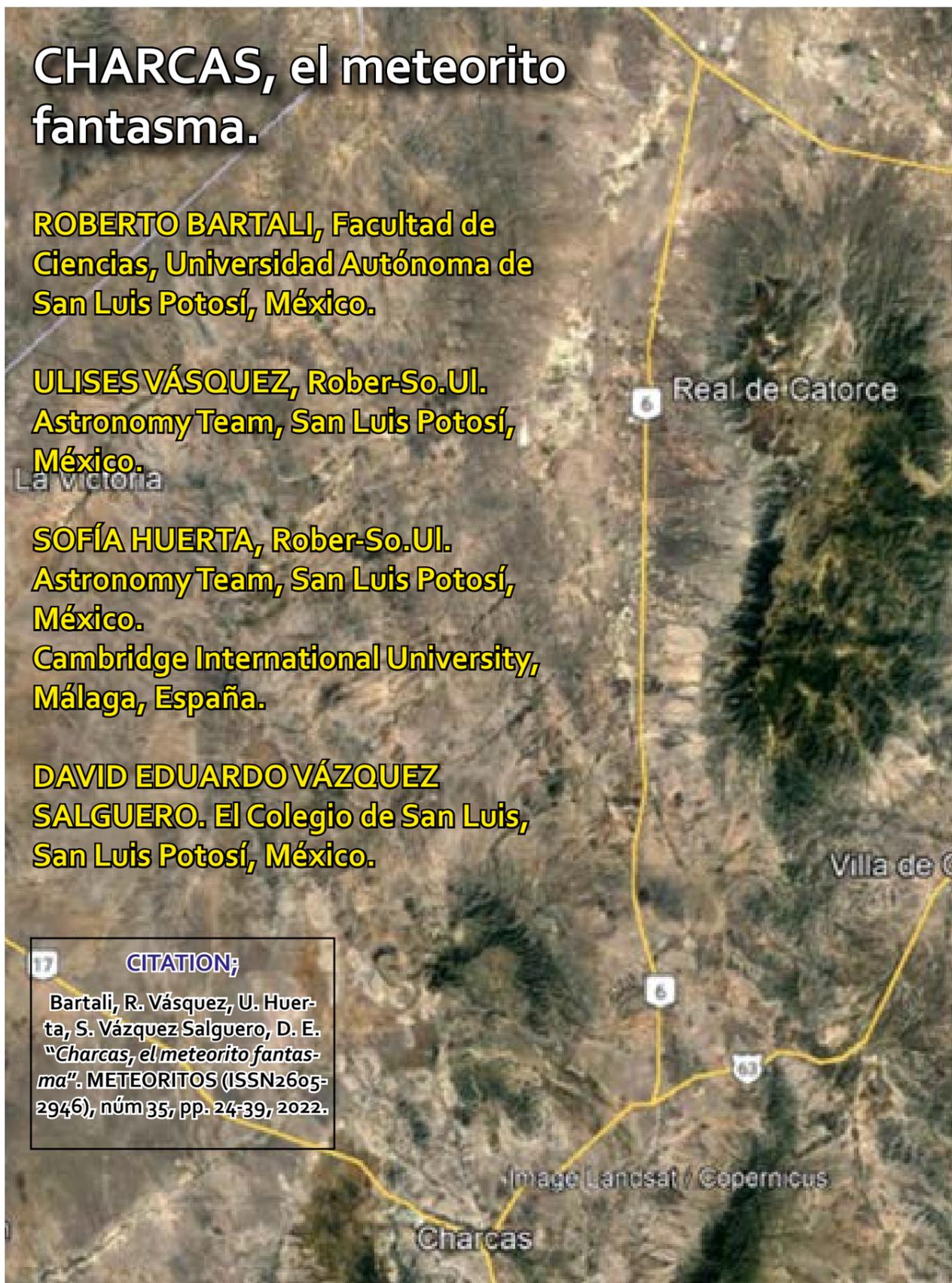
ROBERTO BARTALI, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.

ULISES VÁSQUEZ, Rober-So.Ul. Astronomy Team, San Luis Potosí, México.

SOFÍA HUERTA, Rober-So.Ul. Astronomy Team, San Luis Potosí, México. Cambridge International University, Málaga, España.

DAVID EDUARDO VÁZQUEZ SALGUERO. El Colegio de San Luis, San Luis Potosí, México.

CITATION;
Bartali, R. Vásquez, U. Huerta, S. Vázquez Salguero, D. E. "Charcas, el meteorito fantasma". METEORITOS (ISSN2605-2946), núm 35, pp. 24-39, 2022.



Palabras clave:

Meteorito Charcas, Descubridora, culto a los meteoritos.

Resumen.

La intensiva exploración minera en el centro-norte de México, después del periodo novohispano, permitió encontrar varios meteoritos de proporciones gigantescas.

México se caracteriza por ser un país en el que han caído varios de los más grandes y pesados meteoritos del mundo, y el que se encontró en 1804 en Charcas (San Luis Potosí) es uno de ellos.

En este artículo se describirá lo poco que se sabe de esta importante pieza cósmica. Su historia está llena de anécdotas y ha tenido un importante papel antropológico hasta que los franceses se

llevaron el meteorito a Paris en 1866, donde se encuentra en la actualidad.

El meteorito Charcas es una Octaedrita media de tipo IIIAB cuyo contenido es: 91.3% Fe, 8.02% Ni, 0.48% Co, 0.12% P, 19.4 ppm Ga, 41.4 ppm Ge, 1.9 ppm Ir.

Introducción.

El estado de San Luis Potosí se encuentra en la parte central de México entre dos cadenas montañosas que corren de norte a sur: la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre Occidental. La porción norte del estado es a su vez parte de la frontera sur del segundo desierto más grande del mundo, el Desierto Chihuahuense. En el territorio hay varias zonas mineras que han producido grandes cantidades de oro, plata y otros metales preciosos, hecho que ha propiciado, desde el

siglo XVI, la exploración masiva en busca de nuevos yacimientos.

En 1592 los españoles, informados por los pobladores locales, encontraron en un lugar al oriente de la que hoy es la ciudad de San Luis Potosí, varios yacimientos de oro y plata, algunos de los cuales a flor de tierra. La riqueza de esas vetas era similar a las de las minas del Potosí, Bolivia, por lo que el lugar fue bautizado con el nombre de Real de San Pedro Potosí (hoy Cerro de San Pedro). Estas vetas eran conocidas y utilizadas por los pobladores de la región, mucho antes de la conquista española, para la fabricación de ornamentos, herramientas y ofrendas.

Para dar una idea de la riqueza de estas tierras cabe señalar que solo de esas minas salió tanto oro que generó un pago de derechos de más de un millón de pesos por año



Fig. 1:
Mapa de México en el que se muestra el lugar del hallazgo de los meteoritos de Allende y Charcas.

(estamos hablando de los siglos XVI y XVII) durante las primeras seis décadas de su funcionamiento (según datos oficiales).

Los geólogos ingleses, alemanes, franceses y españoles supusieron que, si en un lugar como San Pedro había tanto oro, posiblemente en otras partes del estado habría cantidades similares, de hecho, esa hipótesis resultó correcta y al poco tiempo, se inició la exploración de otras zonas del Estado. Yendo hacia el norte, encontraron más yacimientos en Real de Catorce y Charcas y, precisamente durante esas búsquedas es como se encontró la masa principal del meteorito de Charcas y las otras masas asociadas, que son el objeto de este artículo.

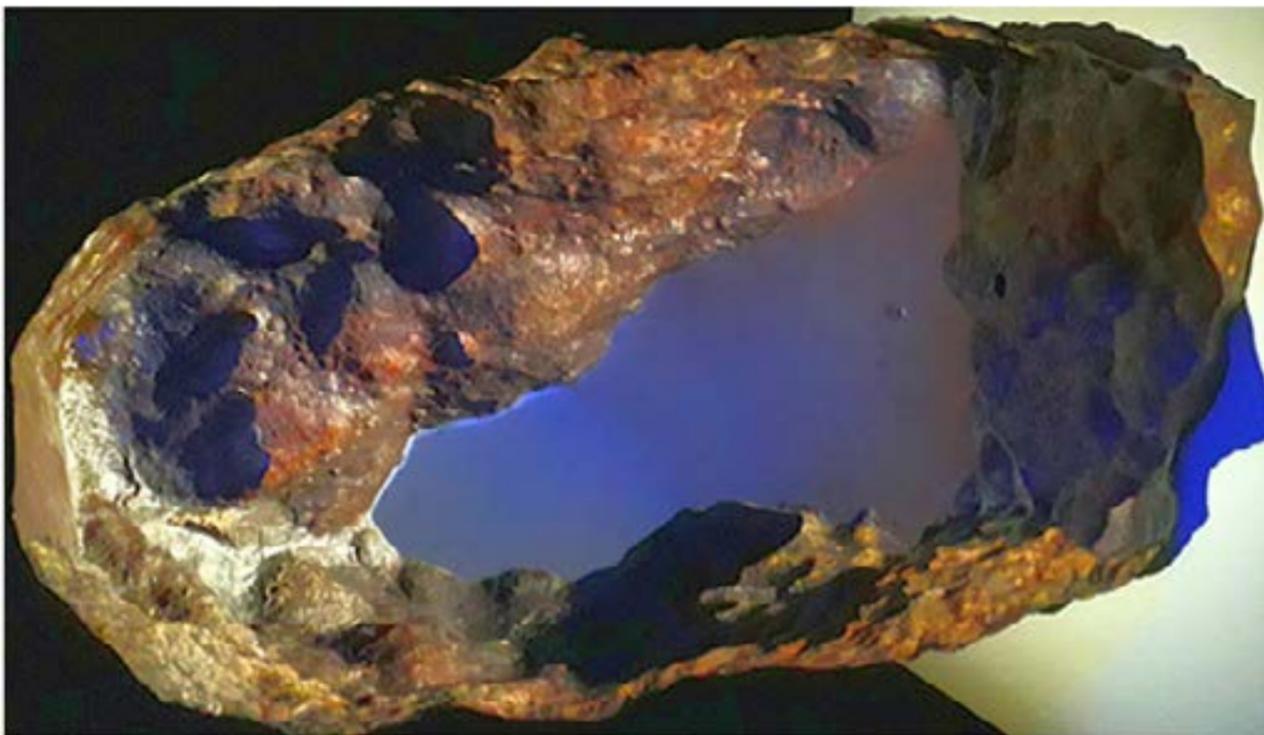
A pesar de tener una superficie de 2 millones de kilómetros cuadrados, en México se han reportado solo 118 meteoritos. Uno de ellos es el Allende (condrito de clase CV3), cuya caída fue observada en la madrugada del 8 de febrero de

1969 y es considerado el más estudiado del mundo (Bartali et al, 2019). Por el contrario, debido a varias razones, uno de los meteoritos menos estudiados y conocidos, es precisamente el de Charcas (octaedrita de clase IIIAB), a pesar de que su masa total conocida sea de más de 1400 kg. En la figura 1 se muestra el mapa de México en el cual se indica la ubicación del hallazgo de estos dos meteoritos. Hallazgo de la masa principal

Muy poco se sabe acerca del hallazgo de la masa principal del meteorito de Charcas y de las masas que han sido asociadas a la misma caída. Solo hay un relato que se considera la versión oficial del descubrimiento el cual ha sido reportado en diferentes y subsecuentes documentos de manera casi literal. La masa principal estaba semi enterrada en la esquina de la iglesia de San Francisco en el pueblo de Charcas que está a 120 km al norte de la ciudad de San Luis Potosí, capital del estado homónimo.

Fig 3: ► Una de las primeras fotos (principio del siglo XX) que se hayan tomado a la masa principal del meteorito Charcas recién llegado al Museo Historia Natural (París) firmada por Prof. J. Fabriès.. Cortesía de Handbook of iron Meteorites, 1975, página 442.

▼ Fig 2: Fotografía reciente de la masa principal del meteorito Charcas. Cortesía de Museo Nacional de Ciencias Naturales de París.



Esta roca de forma prismática (figuras 2 y 3) medía aproximadamente 100 cm x 47 cm x 37 cm cuya superficie estaba corroída y presentaba hendiduras poco profundas de unos 4 o 5 cm de diámetro que, aparentemente eran los remanentes de los regmagliptos formados durante el calentamiento sufrido por la fricción atmosférica antes de tocar el suelo. La primera descripción fue hecha por el alemán Friedrich Traugott Sonneschmid (1763-1824) en 1804, año del descubrimiento. Según lo que él reporta, esa pieza había sido hallada en un rancho conocido como San José del Sitio que estaba a una distancia de 12 leguas mexicanas (50 km aproximadamente) en dirección desconocida. Este sitio ya no existe y posiblemente ni siquiera era su verdadero nombre.

Los primeros testimonios recabados por Sonneschmid, refirieron que había muchas rocas similares en las cercanías de ese rancho, pero nunca se mencionaron ni las coordenadas ni otras señas para poder verificar esas referencias. Humboldt también reporta haber visto el meteorito de Charcas, en su lugar original en la esquina de la iglesia, en su "Essai Politique" editado en París en 1811. El peso original de la roca fue calculado en aproximadamente 780 kg. No se sabe quién, cómo, cuándo ni por qué esa masa ferrosa fue trasladada desde su lugar de origen, tampoco se sabe cuánto tiempo estuvo en el lugar y posición en la que se encontró. A principios de 1800 había caminos relativamente transitables para carretas entre San Luis Potosí, Charcas, Catorce y Venegas debido a la necesidad de transportar minerales e insumos a las minas del norte del estado, pero es difícil pensar que el traslado de la roca haya ocurrido



en esa época debido a que los pobladores locales tenían gran respeto y veneración por el meteorito. Años después, en 1856 Burkart vio la roca todavía semi enterrada en la esquina noroeste del edificio de la iglesia e hizo un dibujo de la parte visible, por lo que se puede deducir que de 1804 a 1856 nadie se interesó en el meteorito y aparentemente nadie lo movió. De hecho, no fue hasta 1866 cuando el ejército francés, al comando del mariscal Bazaine, lo sacó de su lugar y, supuestamente lo adquirió para enviarlo a Francia a donde llegó en 1867 para llevar a cabo los estudios pertinentes.

En realidad, ese fue el pretexto para sacar la roca de Charcas, porque el meteorito fue un regalo de Bazaine para Napoleón III, posiblemente para tratar de quedar bien debido a que su reputación no era de las mejores. Por esta razón algunos piensan que fue sustraído y no adquirido. Aun así, pocos años después el general fue fusilado por traición. Napoleón III regaló el meteorito al Museo de Historia Natural de París a los pocos meses después de haberlo recibido, como se puede observar en una copia manuscrita del inventario de meteoritos redactado el primero de enero de 1868 (figura 4).

Una vez en París, el meteorito fue estudiado por Daubrée en 1867 y por Fletcher en 1890 quien, además, trató de averiguar el lugar exacto de proveniencia. Fletcher al igual que otros, han fallado en completar esa tarea, debido a la escasez de información porque es muy dispersa y a veces hasta poco confiable.

Nomenclatura

El nombre de este meteorito no es único, en la literatura científica se encuentran referencias a esta roca con muchos nombres diferentes tales como Agua Blanca, Catorce, Catozze, Descubridora, Poblazon, San Luis Potosí, Venegas, Catorze, Vanegas, Venegas y Tempe.

La confusión y los errores en los nombres de los meteoritos, así como de los lugares pudieron deberse a malos entendidos. Hay que tomar en cuenta que, en el siglo XVIII y XIX, no todos los pobladores de esa región sabían leer y escribir, y eran muy escasos o nulos los que tuvieran conocimiento de otros idiomas como el francés, el alemán o el inglés. De igual manera la mayor parte de los extranjeros no hablaban bien el español y casi nadie podía comprender los

*Meteorites du Muséum d'histoire naturelle
au 1^{er} Janvier 1868*

I. Holosidères.

| | | | | |
|-----|------|--|------|------|
| 1. | 1751 | 16 mi. Agrano, Moraschina, Croatie | 30 | 30 |
| 2. | 1763 | Siratic, Bambuck, Senegal, Afrique | 480 | 480 |
| 3. | 1784 | Eoluca, Mexique | 1500 | 1520 |
| 4. | 1788 | Quacuman, Otumpa, Rio de la Plata, Amerique du Sud | 2700 | 2760 |
| 5. | 1792 | Zacatecas, Mexique | 1000 | 1260 |
| 6. | 1801 | Cap de Bonne Esperance | 395 | 365 |
| 7. | 1802 | Biburg, Elst, Prusse | 380 | 380 |
| 8. | 1804 | Charcas, San Luis de Potosi, Mexique | 780 | 780 |
| 9. | 1811 | Bernardo, Bohème | 170 | 170 |
| 10. | 1811 | Elbogen, Bohème | 580 | 650 |
| 11. | 1811 | Durango, Mexique | 30 | 40 |
| 12. | 1814 | Red river, Texas, Etats Unis | 390 | 360 |
| 13. | 1814 | Scriba, Oswego, Etats Unis | 270 | 270 |
| 14. | 1819 | Lockport, Cambria, New York, Etats Unis | 160 | 160 |
| 15. | 1819 | Burlington, Vermont, Etats Unis | 72 | 91 |
| 16. | 1823 | Rosgate, Nouvelle Grenade, Amerique meridionale | 190 | 190 |
| 17. | 1825 | Lenarto, Scharoch, Hongrie | 1160 | 1830 |
| 18. | 1827 | Rosburghshire, Ecosse | 2560 | 2560 |
| 19. | 1819 | Caille, Alpes maritimes, France | 670 | 670 |
| 20. | 1819 | Dohumilitz, Prachim Bohème | | |

(1) ~~Charcas, San Luis de Potosi, Mexique~~
en San José

Fig 4. ▲
Copia del catálogo manuscrito de la colección de meteoritos en el Museo de Historia Natural de Paris. El número 8 es el de Charcas con una masa reportada de 780 kg..
Cortesía del NMHN París.

dialectos locales, por lo que los malentendidos debieron de ser muy comunes. Sospechamos que el rancho San José en efecto existió, porque es un nombre muy común para un poblado, pero el "del sitio" podría interpretarse como

que a Sonneschmid le dijeron "el sitio (donde se encontró o de donde se trajeron el meteorito) es San José" y fue mal interpretado por el alemán o sus interlocutores; además, como se mencionó anteriormente, no le interesó gran cosa

esa roca por lo que no profundizó en saber más acerca de ella. Otra posibilidad es que la palabra "sitio" se refiriera simplemente a la identificación de un lugar o a la referencia que se hacía para identificar espacios dedicados a las labores agrícolas y ganaderas. En ese tiempo las distancias y las medidas de los predios se medían de diferente manera a las actuales. Por ejemplo, las distancias se medían en leguas. Pero, por ser una medida itineraria, dependiendo del lugar la legua equivalía a diferente cantidad de metros, en este caso se habla de la "legua mexicana" que correspondía a una distancia de 4290 metros que, a su vez, se dividía en 5000 varas de 83 cm cada una. En cuanto a la palabra "sitio" este era una medida de superficie, pero había dos distintos: el sitio de ganado mayor y el sitio de ganado menor. El primero correspondía a una legua cuadrada es decir 5000 varas por 5000 varas. El segundo media 3333 varas por 3333 varas. Varios exploradores mencionaron que en esa región había amplios rebaños de ganado ovino, por lo que es posible que se midieran los ranchos de esa región en unidades de sitios de ganado menor.

Algo muy importante que se debe tomar en cuenta es que Sonneschmid fue enviado para aplicar las técnicas alemanas en sustitución de las americanas o inglesas para la extracción y el beneficio del oro y de la plata, no para buscar meteoritos. De hecho si le hubiese interesado el meteorito lo habría enviado él directamente a Viena o a Berlin.

Los problemas relacionados con saber exactamente en donde se ha encontrado un meteorito tienen también otro origen histórico. La norma dictaba que el objeto debía ser registrado con el nombre del

poblado más cercano al hallazgo que tuviese una oficina de telégrafo y las coordenadas se tenían que reportar en grados y minutos (muchas veces redondeados). Así que por ejemplo, si la coordenada del lugar era de 23° 6', muchas veces era reportada como 23° 10'. Pero una diferencia de 5' corresponde a una distancia de aproximadamente 8.5 km. Esto implica que las coordenadas y el nombre de los lugares de los hallazgos anteriores al siglo XIX y principio del siglo XX pueden ser completamente erróneos.

En la nomenclatura otorgada a los meteoritos los sinónimos son muy comunes precisamente por no tener bien definido el lugar del hallazgo. Pero también si varios meteoritos han sido encontrados en lugares distintos y no muy lejanos uno de otro, y si las características químicas y petrológicas son similares, se supone que provienen de la misma caída. En este caso, los nombres de los diversos lugares de origen dan pie a los sinónimos en el nombre de los meteoritos.

Coordenadas oficiales

Nadie sabe en donde se encontró realmente este meteorito, por lo que se toma como lugar de su descubrimiento el sitio en el cual lo vio Sonneschmid en 1804, es decir, en el pueblo de Charcas. Pero no hay tampoco coincidencia en los registros históricos porque se mencionan por lo menos tres lugares diferentes: la esquina del cementerio, la equina de la iglesia y el atrio de la iglesia.

Las coordenadas "oficiales", según el Meteoritical Bulletin, del meteorito Charcas son 23° 5' Norte, 101° 1' Oeste, que corresponden a un lugar a 10 km hacia el sureste de la ciudad de Charcas.

La iglesia de Charcas, en la que supuestamente se encontraba el meteorito, tiene las siguientes coordenadas: 23° 07' 47" Norte, 101° 06' 48" Oeste.

En el "Handbook of iron meteorites" de Vagn F. Buchwald, que describe la historia y los datos de todos los meteoritos conocidos hasta la década de 1970, se menciona que las coordenadas del meteorito Charcas son 23° 9' Norte y 101° 10' Oeste, es decir un lugar a 6 km al noroeste de la ciudad de Charcas.

En "Memoirs of the National Academic of Science" se reporta que el meteorito fue hallado en las coordenadas: 23° 14' Norte, 101° 07' Oeste, lugar que se encuentra 12 km al norte de Charcas.

Debido a que las demás masas han sido catalogadas como partes de la misma caída, sus coordenadas oficiales son las mismas que las de Charcas. En la figura 5 se muestra una imagen satelital de toda la zona en la que se han hallado estos meteoritos centrada en las coordenadas 23° 36' N y 101° 04' O.

Rocas relacionadas

Buscando en la literatura de los siglos XVIII y XIX, que trata de las exploraciones mineras, se pueden encontrar cosas muy interesantes. Resulta que entre 1780 y 1885 se encontraron otros meteoritos relativamente masivos en las cercanías de uno de los pueblos mineros más prolíficos de esa época: Real de Catorce (al norte del estado de San Luis Potosí). Estas masas eran llevadas a los geólogos de exploración por los pobladores locales o en ocasiones, los mismos pobladores llevaban a los geólogos al lugar en la que esas masa yacían. Solo cua-



◀ Fig 5: Imagen satelital que muestra la región entre Charcas y Real de Catorce.
Cortesía de: Google Earth, 2022.

tro de esas masas han llamado la atención de los mineros pero solo una ha sido estudiada. El nombre que se le dio es como sigue: "Descubridora", "Venagas", "Real de Guangoche" y "Agua Blanca". En los siguientes párrafos se describen sus principales características.

Descubridora

Descubridora es una masa de 576 kg que fue hallada cerca de Real de Catorce. Del lugar del descubrimiento solo se menciona que fue en una zona alrededor de Catorce y del "Cerro La Descubridora",

este último es una de las cimas más altas de la zona (3012 m). Esta masa se encontró entre 1780 y 1783, aunque nadie sabe realmente ni cómo, ni cuándo, ni por qué, ni por quien. Suponemos que fue durante la exploración que llevó al descubrimiento accidental de una vena de plata en 1773. El meteorito fue trasladado varias veces entre los diferentes pueblos de la región y fue utilizado como prensa para triturar las rocas que contenían plata. En 1871 fue entregado a la Sociedad de Geografía y Estadística de México por Irizar quien había adquirido la roca para ser

estudiada. Esta masa se cortó en varias partes para ser distribuida a diferentes centros de investigación y colecciones privadas. En ese mismo año se realizaron los cortes y en una de las caras cortadas se grabaron inscripciones para conmemorar la dificultad con la que se realizó el corte. Una lámina de 1.5 kg llegó al museo de Historia Natural de Viena mientras que la masa principal quedó en el museo del Chopo en la Ciudad de México y ahora está en el museo del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Fletcher a finales de 1800 sugirió que el meteorito Descubridora, hallado en la cercanía de Catorce, podría ser una pieza de la misma caída que Charcas. En 1896 Brezina analizando dicha lámina no quedó convencido de que Charcas y Descubridora perteneciesen a la misma caída. Esto sea posiblemente porque Berwerth en 1905 demostró que la lámina expuesta en Viena había sido calentada artificialmente y por lo tanto sus

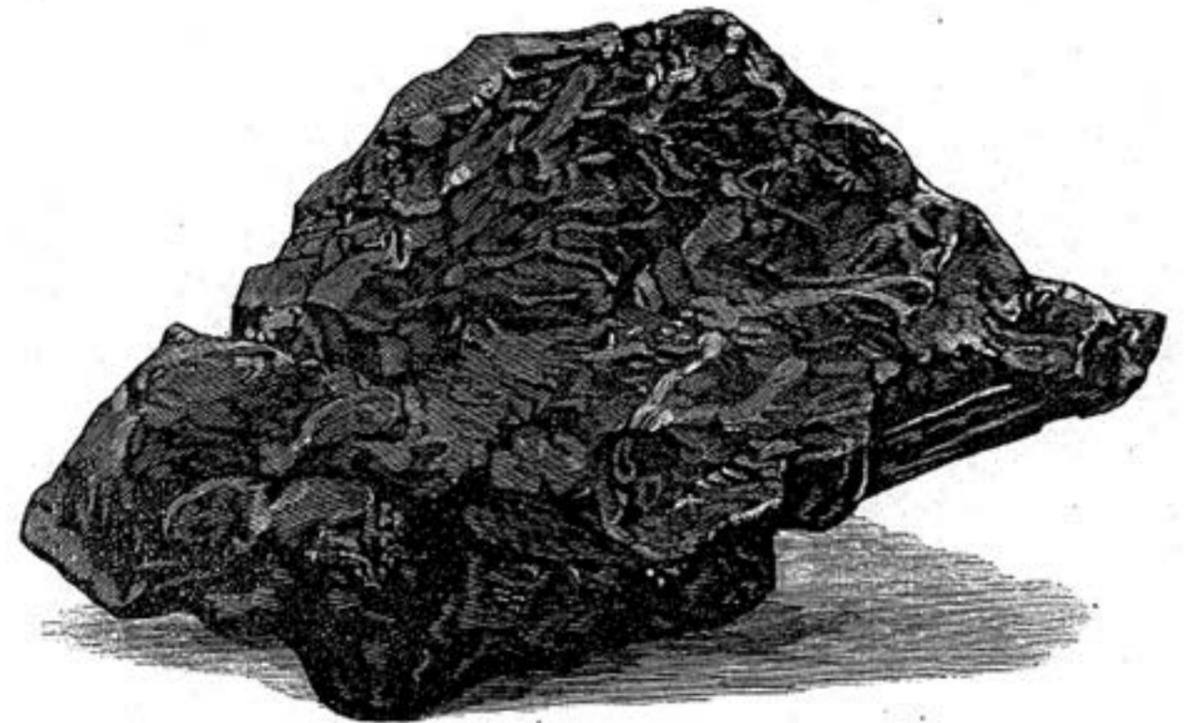
características químicas y petrográficas se habían alterado. Hay reportes de esa época que mencionan que toda la masa principal de Charcas había sido calentada, por lo que no es confiable hacer un análisis a menos de que se tome una muestra profunda. En los meteoritos metálicos de tipo octaedrita, si se alcanza una temperatura de 1000° C. se provoca que las líneas de Widmanstätten sufran cambios o inclusive desaparezcan. Evidencia de esa afirmación se tiene en un artículo firmado por J.D. Buddhue en Popular Astronomy (vol. 47, 1939). En él se menciona que una parte de la masa del meteorito de Charcas (no especifica que tan grande o de que parte) había sido fundida de manera similar a otros meteoritos metálicos como el Toluca (México) y el Canyon Diablo (Arizona). Sin embargo, el meteorito Charcas no presentó las estructuras granulares que habían aparecido en los otros dos meteoritos. El autor de ese experimento fue Daubrée, pero no reportó nada

acerca de la estructura del metal después del proceso de fusión.

Venagas, Venegas, Vanegas

Lawrence Smith reportó en el año de 1855 que "un tal Dr. Berlandier tan inteligente como desconocido", había visto en la hacienda de Venagas (en realidad el pueblo se llama Vanegas) un cilindro metálico con una longitud de una yarda (aproximadamente 91 cm) y un diámetro de 10 pulgadas (25.4 cm) hecha con hierro meteórico bastante dúctil la cual no presentaba ninguna estructura cristalina. Ese material había sido traído desde los cerros cercanos al rancho sin especificar en qué dirección. Nadie sabe realmente de donde viene, debido a que varios autores mencionan que podría ser cualquier lugar entre Durango y Chihuahua (varios cientos de km). Sin embargo, en la descripción aproximada que dio Berlandier se mencionan los pueblos de Catorce, Poblazón y Venegas y que además la masa había sido llevada a Poblazón

Fig 6: ▶ Representación de la pieza completa del Meteorito Catorce perteneciente a la colección de Kunz.
Cortesía de: American Journal of Science and Arts, Volume 33.



desde Venegas. En otro documento se menciona que mientras estaba en Poblazón dos personas llegadas de Inglaterra, utilizando buenas herramientas y mucha ayuda de los pobladores locales, después de haber trabajado todo el día lograron quitar dos piezas al cilindro. Después de eso, nadie sabe cual fue el paradero de ese cilindro o de los fragmentos que se le han quitado.

Masa redonda de Zacatecas

Burkart vivió en Zacatecas de 1828 a 1834 y estando allí vio una roca metálica de forma redondeada de aproximadamente 6 kg y aparentemente completa. Esa pieza le pertenecía a un italiano llamado Chia-liva quien le mencionó que la había encontrado o adquirido en Catorce unos años antes. Nadie sabe que ha sido de este meteorito. Cabe destacar que Zacatecas es otra región muy famosa por las minas de oro y plata al oeste de San Luis Potosí además de ser el hogar de varios meteoritos metálicos de gran masa encontrados precisamente durante la exploración minera durante los siglos del XVI al XIX.

Catorce

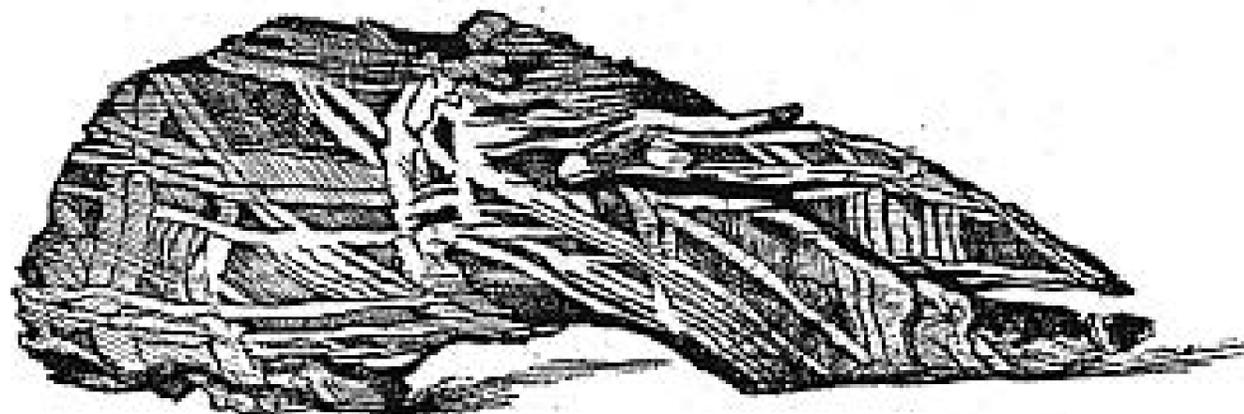
Se trata de una masa de aproximadamente 41.5 kg que fue encontrada por un minero cerca de

un lugar llamado Catorce en 1885. Sus dimensiones son de 31.5 cm de largo, 34.5 cm de ancho y 20 cm de alto (Figura 6).

Esta roca debió haberse encontrado muchos años antes y con el tiempo fue desechada. Lo interesante es que se encontró, incrustado en una hendidura de unos 9 cm, la punta de un cincel de cobre endurecido con estaño ya muy oxidado. Es posible que los antiguos pobladores de la región hayan tratado de cortarla sin éxito y por esta razón debieron haberla desechado y olvidado. Según los registros de los mineros de esa época, los pobladores de la región eran expertos en la fabricación de ese tipo de herramientas. En efecto, en un documento de la edición de 1877 de los Anales del Museo Nacional de México, se menciona que analizando parte del cincel se encontró que en la aleación había un 2.13% de estaño. Ese meteorito formaba parte de la colección de Kunz. Esto es muy interesante porque muestra que las personas que habitaban en las regiones mineras habían desarrollado grandes habilidades metalúrgicas y se dedicaban a la extracción y utilización de los recursos minerales muchas décadas antes de la llegada de los conquistadores europeos.

▼ *Fig 7: Representación de un corte Pulido del meteorito Catorce perteneciente a la colección de Kunz.*

Cortesía de: American Journal of Science and Arts, Volume 33.



A la masa principal de ese meteorito se le han hecho aparentemente pocos cortes y en uno de ellos se aprecian claramente las figuras de Widmanstätten como se muestra en el dibujo hecho por Kunz y que se observa en la figura 7. G.V. Bogulawski sugirió en 1854 que Catorce, Charcas, Zacatecas (metálico anómalo, masa de 1000 kg, encontrado en 1792) y Durango (masa de 164 kg, encontrada en 1804, tipo IIIAB) eran fragmentos de una misma caída debido a la similitud en su composición química y a la estructura de las líneas de Widmanstätten. Esta hipótesis nunca fue ni comprobada ni refutada, sin embargo, de ser cierto, la elipse decaída sería de más de 200 km.

Real del Guangoche y Agua Blanca Se trata de dos ranchos en las cercanías de Catorce en los que se habían visto masas de hierro nativo. No se sabe si se han recolectado algunas o si solo se hace referencia a los lugares. Tampoco se sabe que tan cerca estaban de Catorce o hacia qué dirección.

Menciones históricas importantes En el número 2 de la revista francesa L'Astronomie editada por la Sociedad Astronómica de Francia (1883), se describen las diferentes clases de meteoritos en un artículo titulado "Les Pierres tombées du ciel" (que se traduce como "Las rocas caídas del cielo"). El meteorito de Charcas es presentado como el prototipo de la sub-clase "Holosideritos" de la clase de los Sideritos. En ese tiempo los meteoritos con un elevado contenido de hierro (como el de Charcas) se denominaban Sideritos. En el número 12 de la misma revista, pero de 1914, en un artículo titulado "L'origine des pierres tombées du ciel" (que se traduce como "El origen

de las piedras caídas del cielo") se muestra la que es considerada la primera fotografía que se haya tomado al meteorito de Charcas la cual se muestra en la figura 3. Sin embargo, en una nota al pie de página se menciona que la foto ha sido tomada del número 4 de L'Astronomie del año 1883. En esa nota se acredita que fue Camille Flammarion quien presentara la primera fotografía tomada al meteorito de Charcas poco tiempo después de su llegada al Museo de Historia Natural de París. La foto está firmada P. Fouché.

Colecciones

Rastrear el destino de un meteorito después de más de dos siglos de su descubrimiento es una tarea titánica pero fascinante, sobre todo porque es una pieza semidesconocida. En la figura 8 se muestran algunas fotografías de las piezas que se exhiben en museos públicos y colecciones privadas. Por lo que se sabe y se puede deducir de los reportes científicos antiguos, todas las piezas han sido llevadas lejos de su lugar de origen. Las colecciones en los museos más importantes del mundo exhiben muy pocos fragmentos de este meteorito o de sus pares. De hecho parece que en los últimos ciento cincuenta años nadie se ha interesado en averiguar algo más acerca de estas masas metálicas. La historia del meteorito parece un caso que se cerró a principios de 1900. En los siguientes párrafos se mencionarán algunos de los lugares que poseen fragmentos del meteorito Charcas y de los que han sido asociados a su caída. La lista que se presenta no es, ni pretende ser, completa ni es definitiva, solo representa una guía para que las personas que estén interesadas en verlo sepan en donde buscarlo. Se

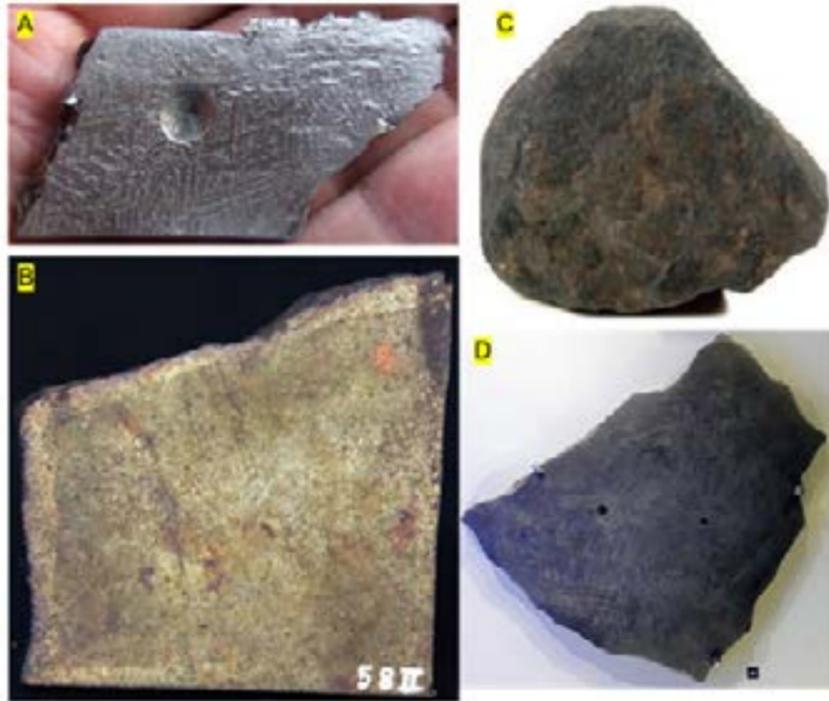
mencionan nada más la masa principal y Descubridora porque de todos los demás fragmentos no se tiene rastro alguno.

Meteorito Charcas.

No se conoce exactamente la masa real de los fragmentos asociados al meteorito Charcas ni tampoco el peso exacto de la masa principal debido a que en la literatura se reportan pesos entre 760 kg y 789 kg. Datos recientes proporcionados por el Museo de Historia Natural de París mencionan una masa de 783 kg. La masa principal se encuentra en el Museo de Historia Natural de París y recientemente fue una de las piezas que han participado en una exposición itinerante. Algunos de los principales fragmentos se encuentran en el Museo de Historia Natural de Chicago (>7 kg), en el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid (22 g) y en el Museo Vaticano de Meteoritos (23 g). Hay fragmentos en diferentes colecciones en Chicago (5 kg), Londres (1 kg), Belgrado (943 g), Viena (421 g), Tempe (408 g), Budapest (366 g), Estocolmo (204 g), Bonn (193 g), Roma (192 g), Washington (182 g), Amherst (182 g), Tubinga (157 g), New York (148 g), Copenhagen (31 g) y Sídney (52 g). [Sánchez Rubio et al., 2001]. Tampoco se sabe cuántos fragmentos y de que tamaño sean los que están en las colecciones privadas sin embargo deben ser muy pocos y muy pequeños.

Meteorito Descubridora

En cuanto al meteorito Descubridora, la masa total declarada es de 576 kg que fue cortada en dos partes. Las dos masas principales, con un peso total de cerca de 500



◀ Fig 8. A: lámina pulida colección privada Franco Vignato. Cortesía de: https://encyclopedia-of-meteorites.com/text/5326_10134_257.jpg. B: Fragmento del meteorito de Charcas de la colección Kolkata (India). C: Fragmento del meteorito de Charcas (405 gr) de la colección del museo geominero de Madrid (España). D: Fragmento del meteorito de Charcas de la colección del museo nacional de Washington (USA).

kg se encuentran en el Museo del Instituto de Geología de la UNAM. Otros fragmentos importantes se conservan en el Museo de Historia Natural de Viena (41 kg), el Museo de Historia Natural de Chicago (33 kg), el Museo Vaticano de Meteoritos (143 gr) y en la colección de meteoritos Universidad de California (524.6 gr). Muchos fragmentos por una cantidad de aproximadamente 20 kg están repartidos en varias colecciones universitarias y privadas, esta cantidad es la que se supone fue cortada de una de las dos piezas del meteorito.

Resultados de análisis antiguos

En esta sección se presentan los resultados de los principales análisis que se han llevado a cabo durante el siglo XIX y la primera mitad del siglo XX. No son muchos por la falta de equipos, piezas disponibles y sobre todo estudiosos interesados. Cabe señalar que la meteorítica es una ciencia rela-

tivamente nueva, los científicos eran reacios a aceptar que las "piedras pudiesen caer del cielo" aun después de la publicación del libro titulado "Über den Ursprung der von Pallas gefundenen und anderer ihr ähnlicher Eisenmassen und über einige damit in Verbindung stehende Naturerscheinungen" de E.F. Friedrich Chladni en 1794. Ese título muy largo se puede traducir (no literalmente) como: "Del origen de las masas de hierro encontradas por Palas y otros similares, y de algunos fenómenos naturales relacionados con ellas"; Chladni (1756-1827) es considerado el padre de la ciencia que se dedica al estudio de los meteoritos.

J.B. Mackintosh determinó la composición química de un fragmento de Catorce en 1887 y reportó los siguientes valores: Fe (90.09%), Ni y Co en conjunto (9.07%), P (0.24%), además del peso específico de 7509 g/dm³. También encontró el mineral schreibersita (Fe,Ni)₃P, típico en los meteoritos metálicos.

Meunier en 1869 analizó el meteorito Charcas, recién llegado a Paris y encontró: Fe (93.01%) y un valor conjunto de Ni y Co de 4.32%.

El análisis realizado por P. Murphy de la Yale University (1872) arrojó: Fe (89.51%), Ni (8.05%), Co (1.94%), S (0.43%), Cr (0.95%), P (0.95%). No queda claro qué fragmento es el que analizó porque menciona el Venagas, el Catorce y el Descubridora añadiendo que el Venagas y el Descubridora son idénticos.

En Popular Astronomy (Vol. 50, 1942), J.D. Buddhue mide el esfuerzo compresivo de un fragmento del Descubridora y obtiene un valor de 3800 kg/cm² la presión se aplicó con el pistón moviéndose a una tasa de 1.27 mm/minuto. Cabe mencionar que ese tipo de experimentos es muy importante para determinar la manera en la que se fragmenta la roca por el efecto de la presión atmosférica y cuando ocurre la colisión sobre el suelo. La medición de los esfuerzos sobre el meteorito Charcas (Descubridora) es la única que se ha llevado a cabo sobre un meteorito hasta el trabajo de Buddhue en 1942. En un trabajo más reciente Knox reporta la medición de resistencia a la tensión de 40.04 kg/mm² y un valor de 38.06 kg/mm² para la resistencia a la compresión; ambos datos obtenidos para una muestra de Descubridora (Meteoritics, vol. 5, núm. 2, 1970).

Estudios modernos

El hecho de que posiblemente la masa principal de Charcas en Paris y la de Descubridora en Viena hayan sido alteradas de manera artificial, hace que sea difícil su análisis. Habría que realizar un corte

profundo para tomar una muestra que no haya sufrido alteraciones y por supuesto nadie haría ni hará tal cosa. Por otro lado, la escasez de fragmentos complica la situación, es posible que alguien tenga material original pero no necesariamente tiene interés en analizarlo. La escasez de material disponible implica que sea limitado el número de investigaciones que se puedan llevar a cabo, en efecto solo hay algunas decenas de ellas entre 1940 y estos días.

Moore y colaboradores en 1969 recabaron los siguientes datos para un fragmento de Charcas: Fe (91.2%), Ni (8.17%), Co (0.48%), P (0.12%), C (110 ppm), S (20 ppm), Cu (155 ppm). Scott y colaboradores en 1973 encontraron que la cantidad de Níquel era más baja, es decir 7.86%.

En cuanto al meteorito Descubridora, Lovering y colaboradores en 1957 detectaron una cantidad de cobalto de 0.56% además de Cr (75 ppm), Cu (148 ppm), Ga (13 ppm) y Ge (49 ppm). Smales y colaboradores detectaron en 1967 2.8 ppm de cinc. Una de las pocas detecciones de iridio en el meteorito de Charcas fue la de Wasson y Kimberlin en 1967 que reportaron 2.3 ppm. Además, ellos reportaron uno de los valores más bajos de Ni (7.7%). Crocket en 1972 reporta iridio en 2.1 ppm además de 13 ppm de Pt y un 8.03% de Ni.

La diferencia entre los resultados de los análisis implica que Charcas, Descubridora y Catorce son similares, pero no idénticas y que la cantidad de metales puede ser muy variable inclusive en el interior de una misma pieza. Otra cosa interesante es que no todos los investigadores hayan reportado la presencia de iridio.

Entre los análisis más recientes cabe destacar el de Smith et al., de 2019 en el que se calculan las edades radiogénicas de varios meteoritos metálicos. La edad de permanencia en el espacio, determinada a partir de la exposición a los rayos cósmicos, del meteorito Charcas se calculó en 284000 años (+21000 años). En ese artículo se reporta también la cantidad de años que ese meteorito ha permanecido sobre la Tierra, es decir hace cuantos años cayó: 109000 años (+18000 años).

En cuanto a los elementos traza, los que se encuentran en cantidades muy pequeñas, pero representativas, en el artículo de Holdship et al. (2018) se reportan los siguientes valores en ppm: Cr 80.5, Cu 167, Ga 22.3, Ru 9.59, Rh 1.67, Pd 2.72 y Re 0.15 (se omiten las barras de error para mayor claridad).

Dos regalos a jefes de estado.

Ningún objeto ha sido considerado tan importante como para merecer el honor de ser obsequiado dos veces a los dos jefes de estado más importantes del momento (siglo XIX): Francia y Estados Unidos de América. Nadie sospecharía que un meteorito y precisamente el de Charcas llegue a tener tal honor.

En algunos párrafos anteriores se mencionó que los franceses, bajo el mando del general Bezaine, tomaron el meteorito Charcas enterrándolo de la esquina de la iglesia de Charcas para enviarlo a Francia como un obsequio para Napoleon III Bonaparte (1808-1873) quien fue presidente y emperador de esa poderosa nación europea.

El gobierno mexicano, encabezado por Benito Juárez García (1806-1872), regaló un lingote recabado de una pieza cortada y pulida del meteorito Charcas, al presidente de Estados Unidos de América Ulysses S. Grant (1822-1885) en 1871 (figura 9). Este obsequio fue claramente un gesto diplomático, pero nadie sabe cuál fue el motivo o por qué el gobierno de México decidió utilizar un meteorito para hacer un regalo. El motivo podría ser para agradecer a Grant haber cuidado de su esposa (Margarita Maza) durante su estancia en Estados Unidos durante la década de 1860. Nadie sabe por qué eligió el meteorito Charcas y no cualquier otro, pues ya se habían descubierto todos los más masivos de la historia de México, varios de ellos inclusive estaban en la Ciudad de México. Otras preguntas sin respuesta son por qué cortarlo y pulirlo en forma de lingote. Observando la pieza, de la que no se saben las medidas, es posible suponer que el tamaño original, antes de la operación de cortado y pulido, era por lo menos el doble. Si esta pieza ha sido realmente cortada del meteorito Charcas caben tres suposiciones: 1) es muy pequeña, 2) el corte fue hecho antes de que el meteorito llegara a París en 1867, 3) el gobierno de México recibió una pieza cortada desde París. Si el lingote se obtuvo de la masa principal, se generó a partir del corte en una extremidad. Los dibujos y las primeras fotos muestran claramente que los únicos cortes que aparecen aun en la actualidad fueron realizados antes de 1868. Otra opción es que haya sido recabada de otro fragmento de Charcas o de algún otro meteorito encontrados en la zona entre Charcas o Catorce.

Tiempo después, el presidente Grant le regaló el meteorito a William G. Vanderbilt que, además

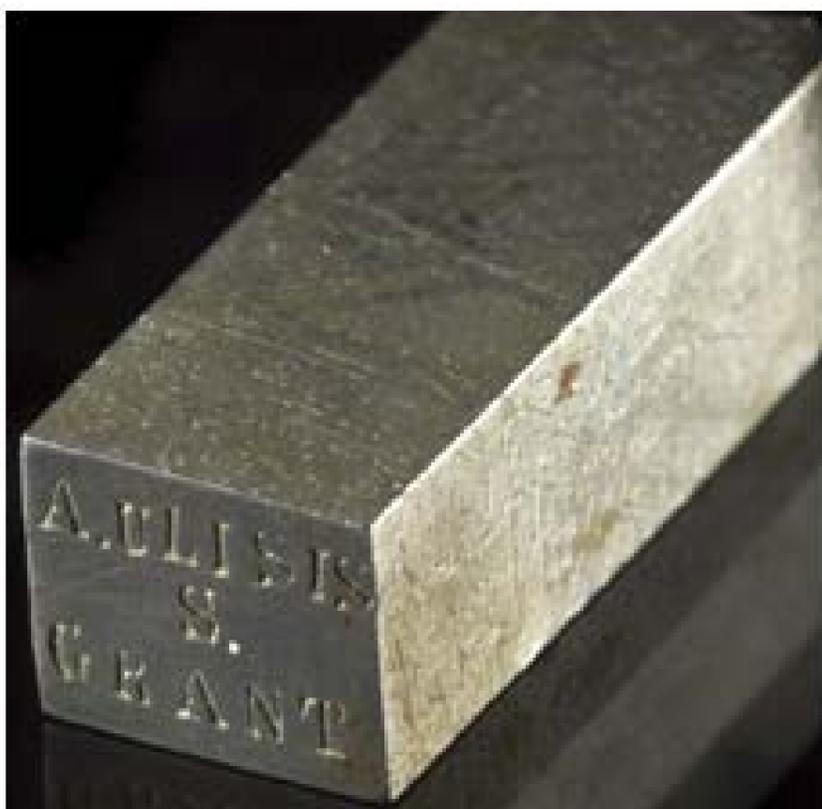
de ser el propietario de la Pennsylvania Railroad, era considerado el hombre más rico del mundo de esa época. Cuando Grant murió en 1885, Vanderbilt le devolvió el lingote meteorítico a su viuda, la señora Julia Dent Grant, quien a su vez lo regaló al Museo Nacional de los Estados Unidos en 1887. Actualmente se expone en el Smithsonian National Museum of Natural History en Washington D.C.

Importancia social del meteorito

Es muy interesante observar que, mientras los científicos no aceptaban o no reconocían a los meteoritos como objetos celestes, muchas de las culturas antiguas estaban muy familiarizadas con las "rocas caídas del Cielo". La mayor parte de los grandes meteoritos metálicos encontrados en México fueron objetos considerados especiales. Se pueden

▼ Fig 9. Lingote recabado de una pieza del meteorito Charcas regalado por el gobierno de México al gobierno de Estados Unidos de América en 1871.

Cortesía del Museo Smithsonian de Washington.



encontrar muchas referencias y, no solo en México sino en todo el mundo, de que los meteoritos eran objetos sagrados o eran considerados especiales. Esto provoca algunos cuestionamientos interesantes: ¿los habían visto caer del cielo? o solo se habían fijado en su aspecto extraño que es diferente al de la mayor parte de las rocas. Sin embargo, a nuestro parecer, es más lógico pensar en la primera opción debido a que la mayor parte de las culturas asociaba los fenómenos celestes a mensajes enviados por algún ente supremo. Esta breve introducción al tema socio-antropológico, se debe a que el meteorito Charcas no es la excepción, había un culto muy importante asociado a esta roca.

Se sabe que los pobladores de la región conocían algunos meteoritos desde muchas décadas antes al descubrimiento oficial del meteorito Charcas en 1804. También se sabe que fue trasladado desde su lugar de origen hasta la iglesia de San Francisco en Charcas. Pero: ¿Quién, cómo, cuándo y por qué trasladar una roca de 780 kg al atrio de una iglesia franciscana? ¿Cuándo, quién y por qué? no se sabe. En cuanto al cómo, depende de la fecha en la que se llevó a cabo el traslado, a principios de 1800 el camino entre Charcas y las minas en el norte del estado era bueno para las carretas jaladas por caballos o mulas, aun así, no debió ser tan sencillo cargar 780 kg y transportarlos por lo menos 50 km. Ahora bien, el peso declarado es después de los cortes, el peso original debió ser mucho mayor, de hecho hay un reporte que menciona la cantidad de 870 kg.

A diferencia del culto hacia otros meteoritos, en Charcas existía una relación muy especial entre las mujeres y el meteorito de la que se sabe muy poco. Las mujeres lleva-

ban ofrendas a la roca para evitar la infertilidad.

Básicamente eso es todo lo que se sabe y por lo tanto surgen muchas preguntas que aun después de más de 200 años quedan sin respuesta: ¿Cómo surgió la creencia de la fertilidad?, ¿Por qué llevar ofrendas a una roca?, ¿por qué precisamente esa roca y no otra?, ¿Qué tenía de especial?, ¿Sabían que venía del espacio?, ¿Qué ha sido de ese culto, se perdió cuando la roca fue enviada a Francia?

Nadie la había visto caer porque su tiempo terrestre es de 109000 años y no había pobladores allí, pero pudieron haber presenciado la caída de otra roca de gran tamaño décadas o siglos antes. Pero si la roca estaba en las cercanías de Catorce, cuando la llevaron a Charcas ¿el culto llegó junto con ella? Es posible que ese tipo de creencias hayan sido comunes en la región, pero no hay registro alguno de ello. Una veneración de ese estilo no se crea en poco tiempo, se requiere de años o décadas para que se convierta en una práctica común de manera eficaz. Entonces la roca era muy bien conocida y fue traída del rancho de San José muchas décadas antes de 1804.

En cuanto a su colocación en la iglesia o en las afueras de ella es muy difícil creer que eso haya sido casual, sobre todo porque después de la conquista la Iglesia Católica se había encargado de eliminar todo tipo de cultos que no fueran el cristianismo. También era una práctica común construir iglesias sobre edificaciones o templos dedicados a otros cultos pero tampoco hay evidencia de que haya ocurrido algo sí. Esto implica la posibilidad de que la roca podría ser un objeto muy antiguo y la creencia venga desde siglos atrás. Esta hipótesis no es tan descabellada por-

que el historiador Manuel Orozco y Berra (1816-1881) en "Geografía de las lenguas y Carta Etnográfica de Méjico" editado en 1864, menciona que el primer convento franciscano en Charcas se construyó en 1574 pero los pobladores locales de la etnia de los Huachichiles, no solo quemaron la iglesia sino todo el pueblo. En el año de 1582 se erigió otro templo franciscano con el nombre de "Convento de Santa María de las Charcas", pero en un lugar diferente al original, que es la ubicación en la que se encuentra en la actualidad. Si el meteorito estaba allí o no nadie lo sabe, pero si fue colocado después, entonces por alguna razón debe haber sido. En el "Estudio histórico sobre San Luis Potosí" de Francisco Peña editado en 1894 se menciona lo siguiente "No debemos, pasar en silencio la existencia del aerolito que constituía el guardacantón del cementerio de la Parroquia de Charcas, llamado vulgarmente la "Piedra de fierro". Este precioso objeto fue presa de la intervención francesa en 1866. El Mariscal Bazaine lo mandó quitar de la esquina sur del cementerio de la Parroquia y se lo llevó para Francia. El aerolito pesaba 870 kilogramos".

Es posible, entonces, que la reverencia hacia la roca, aun siendo una práctica pagana, era aparentemente tolerada, y estando cerca de la iglesia representaba un "permiso provisional" para llevarla a cabo porque la verdadera fe estaba en el interior de la iglesia.

La vergonzosa justificación

Los franceses de alguna manera (por las buenas o por las malas) tomaron posesión del meteorito y se lo llevaron a París. Es de suponer que muchos se dieron cuenta y que alguien, pobladores o auto-

ridades de Charcas hayan protestado por esa sustracción. Si estaba incrustado en la iglesia o en el muro del cementerio, no debe haber sido tan simple sacarlo y por lo tanto los frailes franciscanos a cargo tuvieron que darse cuenta. Efectivamente alguien protestó porque de otra manera no tendría sentido lo que Walter Flight publicó en "History of Meteorites" en 1887 (figura 10), mencionando los escritos anteriores de Buchner y Meunier.

La traducción, no literal, de lo que escribe Flight es la siguiente: "el hierro de Charcas estaba incrustado en la pared de la iglesia y era venerado especialmente por parte de las mujeres, creyendo que a cambio de las ofrendas que se le hacían estarían protegidas de la desgracia de la esterilidad. Los soldados de Bazaine, sin embargo, lo llevaron a París, y a pesar de las creencias fetichistas, la ausencia de la roca no causó una dismi-

nución considerable del aumento de la población Mexicana".

Cierta o falsa que sea una creencia, esa frase representa una vergonzosa falta total de respeto a un pueblo y a su cultura.

Conclusiones

El meteorito Charcas es un objeto realmente fascinante, poco conocido y que merece un trato más especial del que ha tenido y sigue teniendo en la actualidad. Ha sido una roca que fue utilizada para facilitar la extracción de la plata y fue un objeto sagrado y venerado por los pobladores de la región. Desde que llegó a París en 1868, muy pocas personas han podido verlo, por eso lo hemos llamado "fantasma". Es necesario llevar a cabo un estudio multidisciplinario incluyendo especialistas en ciencias sociales para que no solo se pueda comprender su origen, sino la importancia que ha tenido en la sociedad.

▼ Fig 10: Copia de parte del escrito de W. Flight en la que se menciona que la sustracción del meteorito de Charcas no causó la reducción de la población mexicana.

HISTORY OF METEORITES

BY THE LATE

WALTER FLIGHT, D.Sc. Lond., F.R.S.

WITH SEVEN PLATES AND SIX WOODCUTS.

LONDON:

DELAU & CO., 37, SOHO SQUARE, W.
1867.

i. 622.—O. Buchner. *Die Meteoriten*, 161.) The iron of Charcas, Mexico, was built into the wall of the church, and held in peculiar veneration, especially by women, who paid it worship, believing that in return for offerings made to it they would be shielded from the misfortune of sterility. The soldiers of Bazaine, however, carried off their fetish, and it has been placed in the Paris Collection, sawn asunder, polished, etched, and analysed, without apparently causing any sensible diminution in the average increase of the Mexican population. (S. Meunier. *La Nature*, i. 294.)

Referencias

Bartali R., et al., 2019. Allende: una de las rocas que iniciaron todo. *Meteoritos*, No. 14. ISSN 2605-2946.

Sánchez Rubio G., et al., 2001. Las meteoritas de México. Universidad Nacional Autónoma de México.

Komorowski C.L.V., 2006. The meteorite collection of the National Museum of Natural History in Paris, France. *Geological Society London Special Publications*. Volume 256.

Fletcher L., 1890. On the mexican meteorites, with especial regard to the supposed occurrence of wide-spread meteoritic showers. *The mineralogical magazine and journal of the mineralogical society*. No. 42. 1890. Vol. IX.

Kunz G.F., 1897. Meteorites from Kentucky and Mexico. *American Journal of Science and Arts*, Vol. 33, No. 195.

Buchwald V.F., 1975. Handbook of iron meteorites. Their History, Distribution, Composition and Structure. University of California Press.

Smith T., et al., 2019. The constancy of galactic cosmic rays as recorded by cosmogenic nuclides in iron meteorites. *Meteoritics & Planetary Science* 54, Nr 12, 2951–2976 (2019). doi: 10.1111/maps.13417

Holdship P., et al., 2018. Micro flow injection ICP-MS analysis of high matrix samples: an investigation of its capability to measure trace elements in iron meteorites. *J. Anal. At. Spectrom.*, 2018, 33, 1941. DOI: 10.1039/c8ja00162f



Cuarzos chocados del Cráter Mien.



JOSÉ GARCÍA.
The Meteoritical Society member 5976.
www.meteoriteslab.org
laboratory@meteoriteslab.org

El sistema solar es un entorno hostil, se conoce desde el origen hasta nuestros días, y a lo largo de toda su historia, episodios convulsos de violentas colisiones, formación y transformación de cuerpos, se han sucedido, conformando la actual estructura y condiciones en las que vivimos.

Pareciera que todo se ha calmado, que ya están formados los planetas, y que todo está en equilibrio... pero nada más lejos de la realidad. Si miramos la Luna una despejada noche en la que muestre su fase llena, podemos observar infinidad de cráteres sobre su superficie. Al-

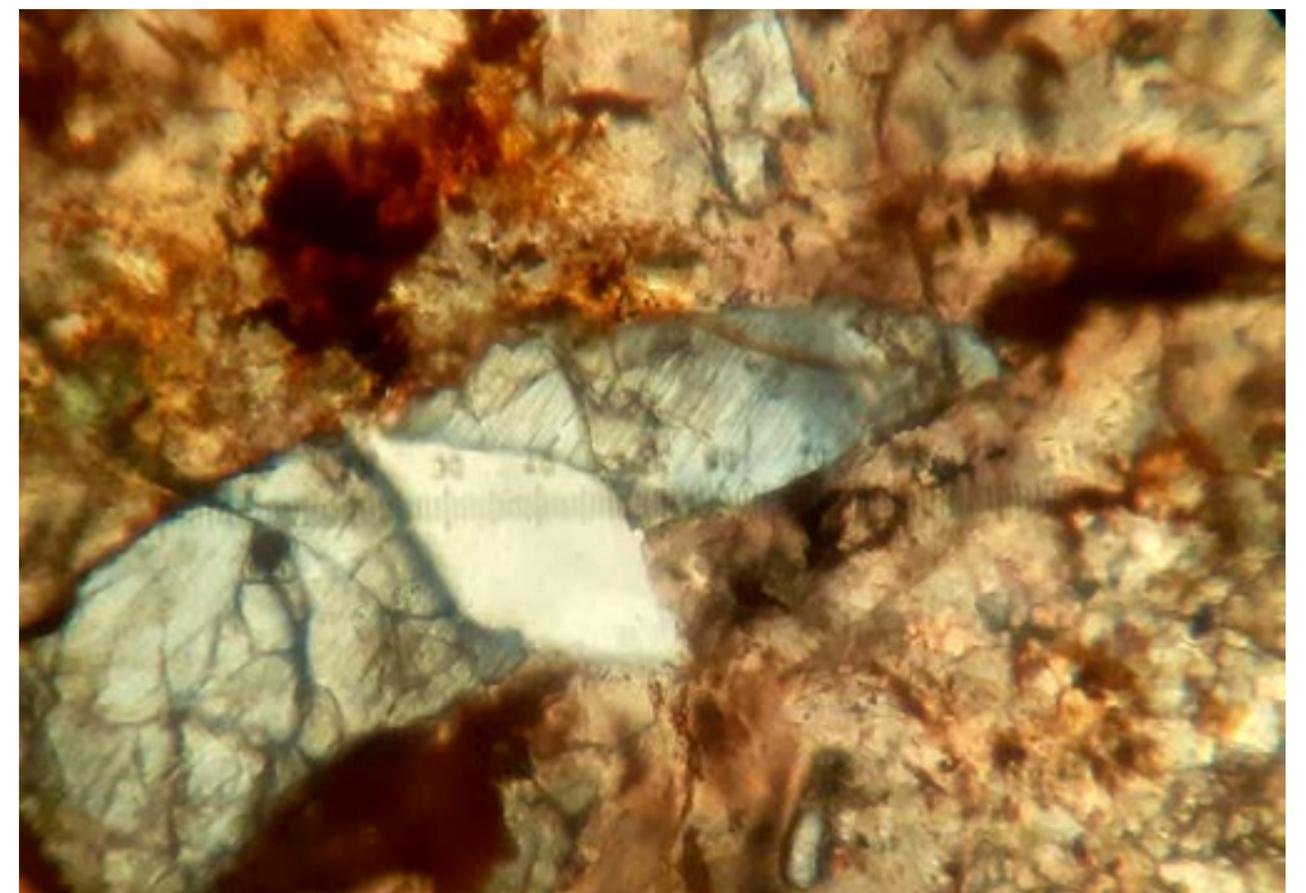
gunos brutales, cuyas marcas parecen rayar toda su superficie, como el cráter Tycho, o los mares lunares y otras que suponemos, pero no llegamos a apreciar al ser demasiado pequeños (que dicho sea de paso, son los más comunes).

Ese proceso de craterización que nuestro satélite ha sufrido es el resultado de toda una historia recibiendo impactos de rocas sobre su regolito. Incluso en la actualidad aún se siguen registrando impactos que forman nuevos cráteres. Y nos preguntamos, si la Luna ha sufrido esta suerte, ¿acaso la Tierra se libró de ella?

CITATION;

García, J. "Cuarzos chocados en el cráter Mien". METEORITOS (ISSN2605-2946), núm 35, pp. 40-47, 2022.

*Sección Delgada: ►
Grano de cuarzo con signos de
choque, fracturas y estriado
característico.*
Créditos; MeteoritesLab



Nada más lejos de la realidad. La Tierra, parte mayor del sistema Luna-Tierra, ha sufrido la misma suerte que el satélite, y su superficie ha recibido colisiones asteroidales brutales, que en algunas ocasiones incluso no solo han modificado su superficie, sino que han dirigido el curso de las especies que habitaban el planeta, produciendo masivas extinciones, y permitiendo aflorar nuevas criaturas en los lechos vacíos por las especies extintas.

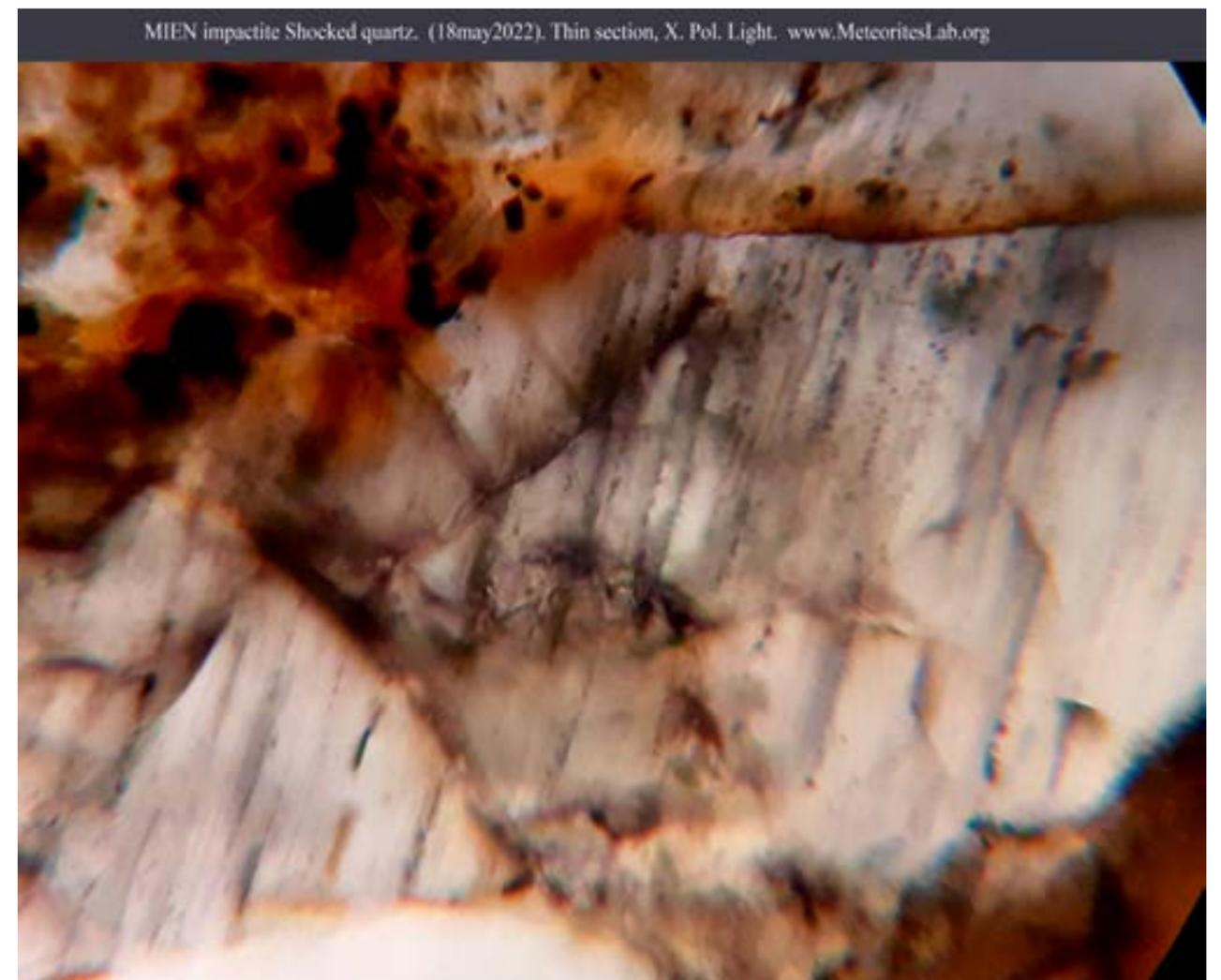
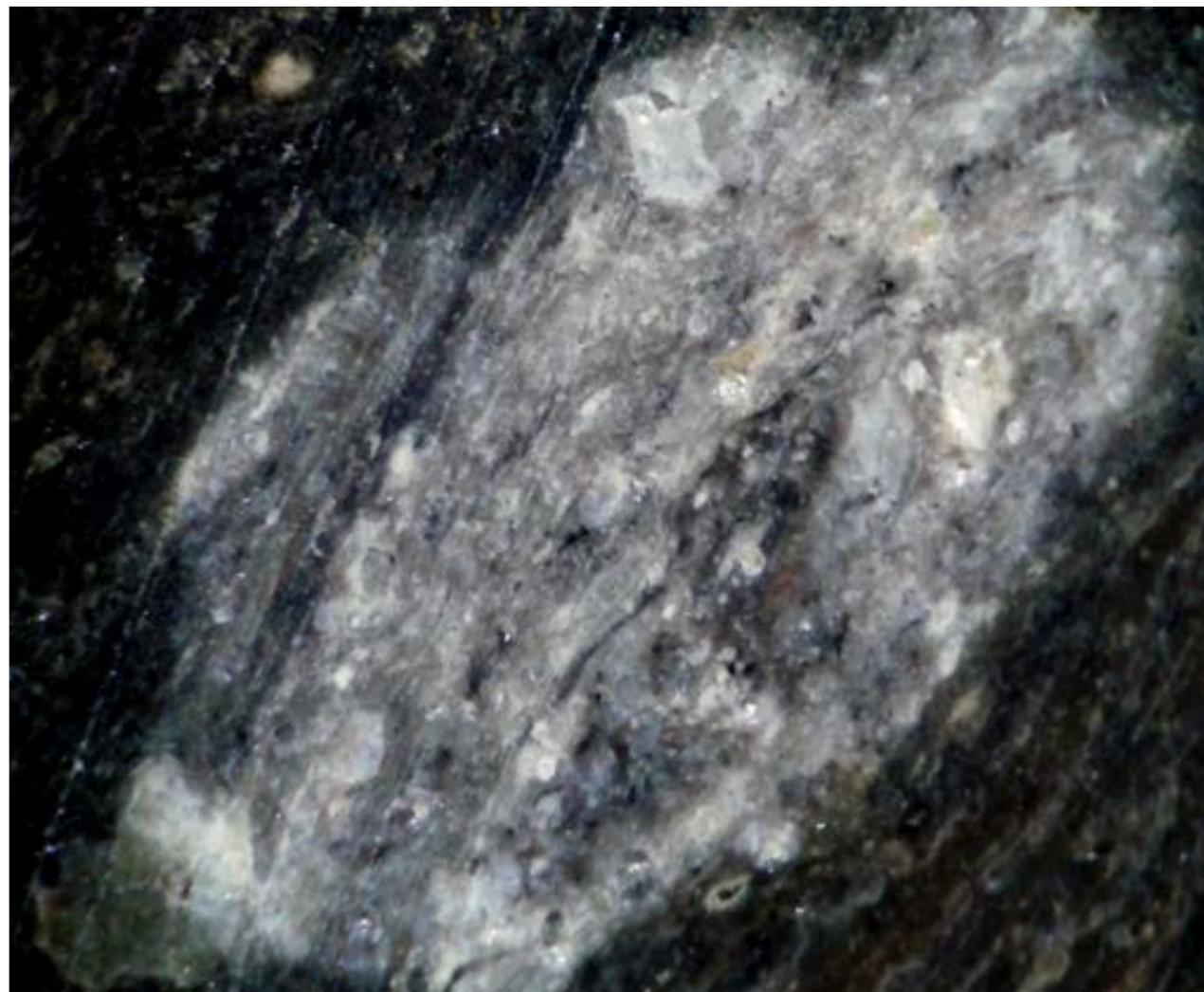
Sin embargo nuestro planeta es un ente que pareciera vivo, ya que está en continuos cambios debido a sus procesos geológicos, tanto externos como internos. La ero-

sión, la sedimentación y la tectónica de placas juegan un papel crucial en que las cicatrices de los violentos impactos del pasado vayan desapareciendo. Sin embargo... ¿realmente desaparecen?

En este artículo nos proponemos mostrar una evidencia muy interesante que los científicos han determinado como crucial para determinar si en un lugar del planeta ocurrió realmente el impacto de un gran asteroide en el pasado. Y es que no son pocos los casos en los que las estructuras de impacto ya han desaparecido de la superficie terrestre, o incluso se han transformado en lagos y similares. El análisis de las rocas del lecho

*Sección Delgada: ▶
Grano de cuarzo con signos de
choque, fracturas y estriado
característico.*
Créditos; MeteoritesLab

*▼ Sección Pulida:
Corte en una pieza de
impactita donde abundan los
granos de cuarzo chocado.*
Créditos; MeteoritesLab



es suficiente para demostrar que aquella estructura pertenece a un antiguo impacto.

Y para ello he seleccionado unas muestras que guardo en el repositorio del laboratorio y que fueron recogidas en el Lago Mien, Finlandia.

Mien es una estructura visible, pero convertida en lago que se formó hace unos 121 (+-2.3) millones de años, durante el periodo cretácico, en un lecho de roca gneiss granítica del precámbrico. Se encuentra fuertemente erosionado, pero se estima en 9 kilómetros el diámetro de la estructura formada en el momento de la colisión asteroidal.

El impacto ocasionó la formación de una gruesa capa de material fundido en el interior del cráter, que se fracturó con el levantamiento del pico central de rebote. Este pico central en la actualidad puede reconocerse en forma de isla justo al Noroeste del interior del centro del lago. Es la isla Ramsö.

Está formada por una roca particular, parecida a la riolita, que llaman Mien-Rhyolite, que muestra esférulas ricas en hierro de tamaño submilimétrico hasta los 3 centímetros en algunos casos, y que rellenan las vesículas que se formaron en la roca.

En un principio se pensaba que esta estructura era una caldera volcánica, hasta que subsecuentes análisis de las rocas del lugar llevados a cabo por Svensson y Wickmann (1965) demostraron la existencia de cohesita en esta particular riolita de Mien.

Posteriores extracciones de núcleos probaron que las riolitas formaron una capa de 20-25 metros de espesor en el lecho rocoso de la isla Ramsö y que quedaron enterradas bajo varios metros con una capa de morrena.

El análisis de elementos traza de las muestras impactadas demostró que estaban marginalmente



enriquecidas en Iridio, y que este enriquecimiento era compatible con un impactador de tipo condrita carbonácea.

Hasta aquí todo bien, el origen ha sido determinado, y la estructura de Mien es reconocida como lugar de impacto por la comunidad científica. Esto ha ocasionado que se produzcan numerosos estudios de las rocas impactadas, logrando observar en ellas diversas características típicas de las impactitas. Una de ellas son los cuarzos chocados.

El cuarzo es uno de los minerales más abundantes en la corteza te-

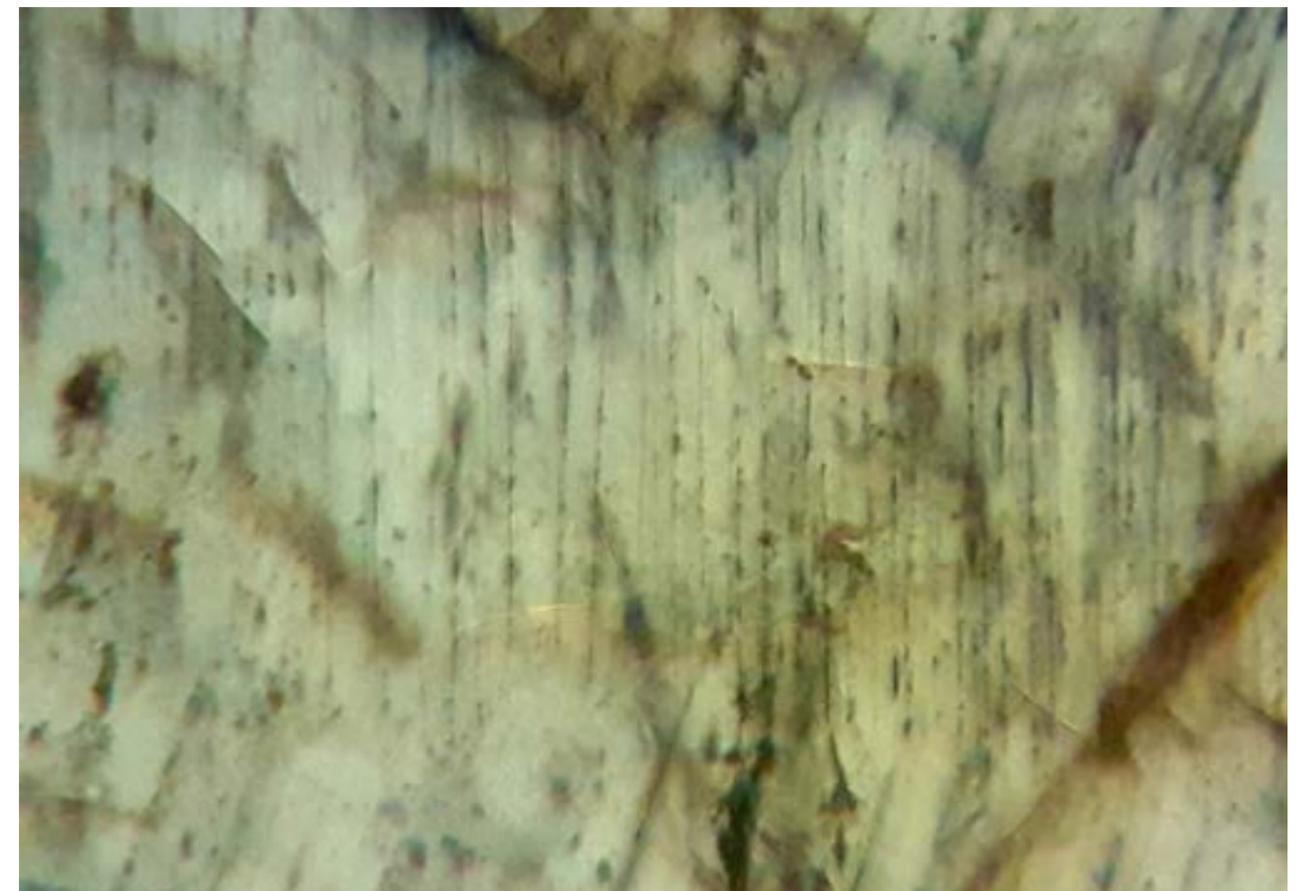
restre. Este dióxido de silicio está presente en todas partes, incluso en nuestra vida cotidiana. Tanto es así que su presencia es fundamental en todos los ambientes terrestres, incluso los volcánicos.

Pero el cuarzo además de ser útil en la industria, también lo es en el laboratorio, sobre todo cuando es chocado, y conserva la clave inequívoca de que un violento impacto fue el causante de su alteración.

El cuarzo chocado se define como una forma de cuarzo que muestra una estructura microscópica diferente a un cuarzo normal. Bajo una

▲ *Deformación planar en al menos dos direcciones (marcadas con líneas rojas).*
Créditos; MeteoritesLab

Arriba: ► Cristal de cuarzo chocado. Abajo, detalle visto con cuña de mica en el microscopio.
Créditos; MeteoritesLab



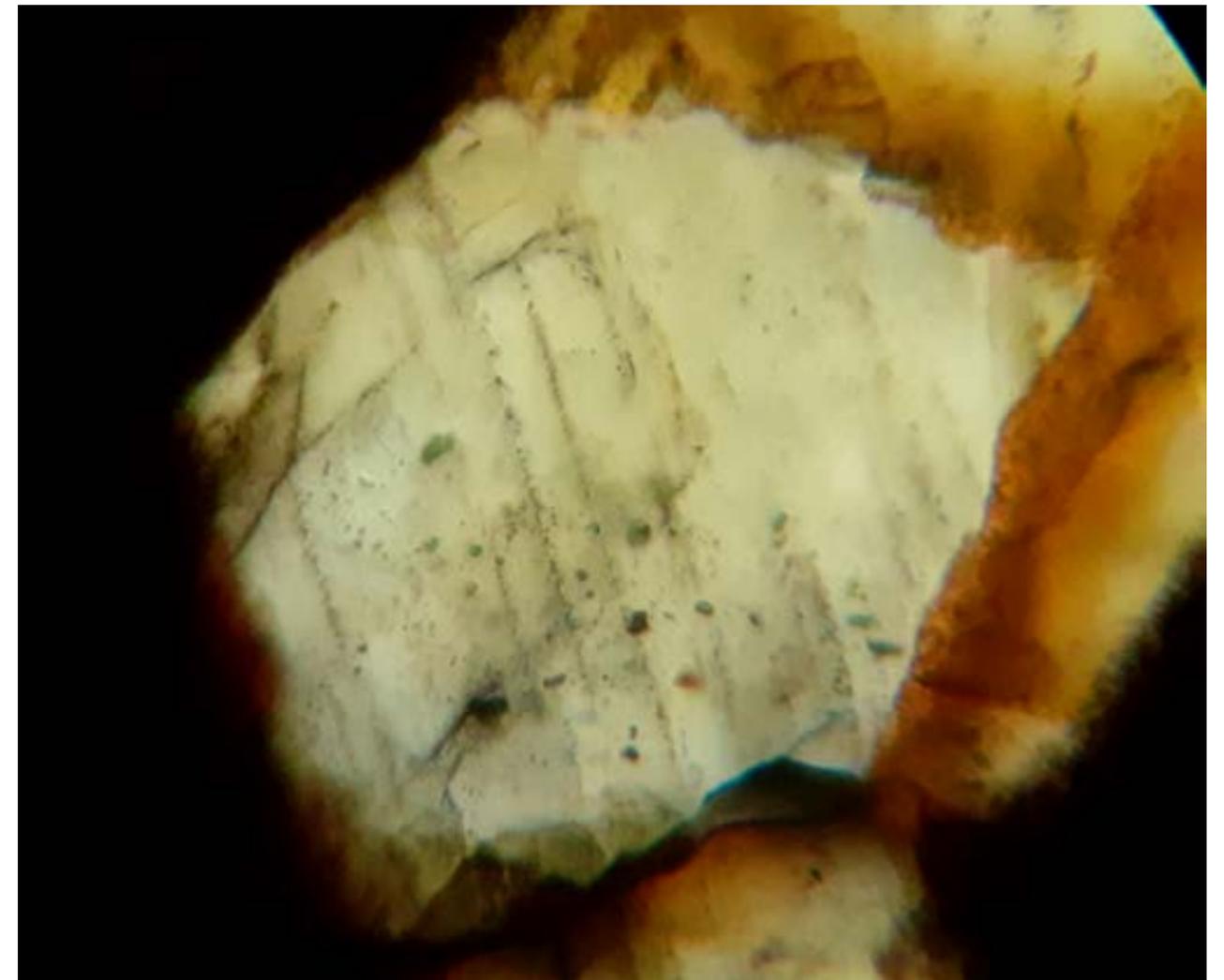
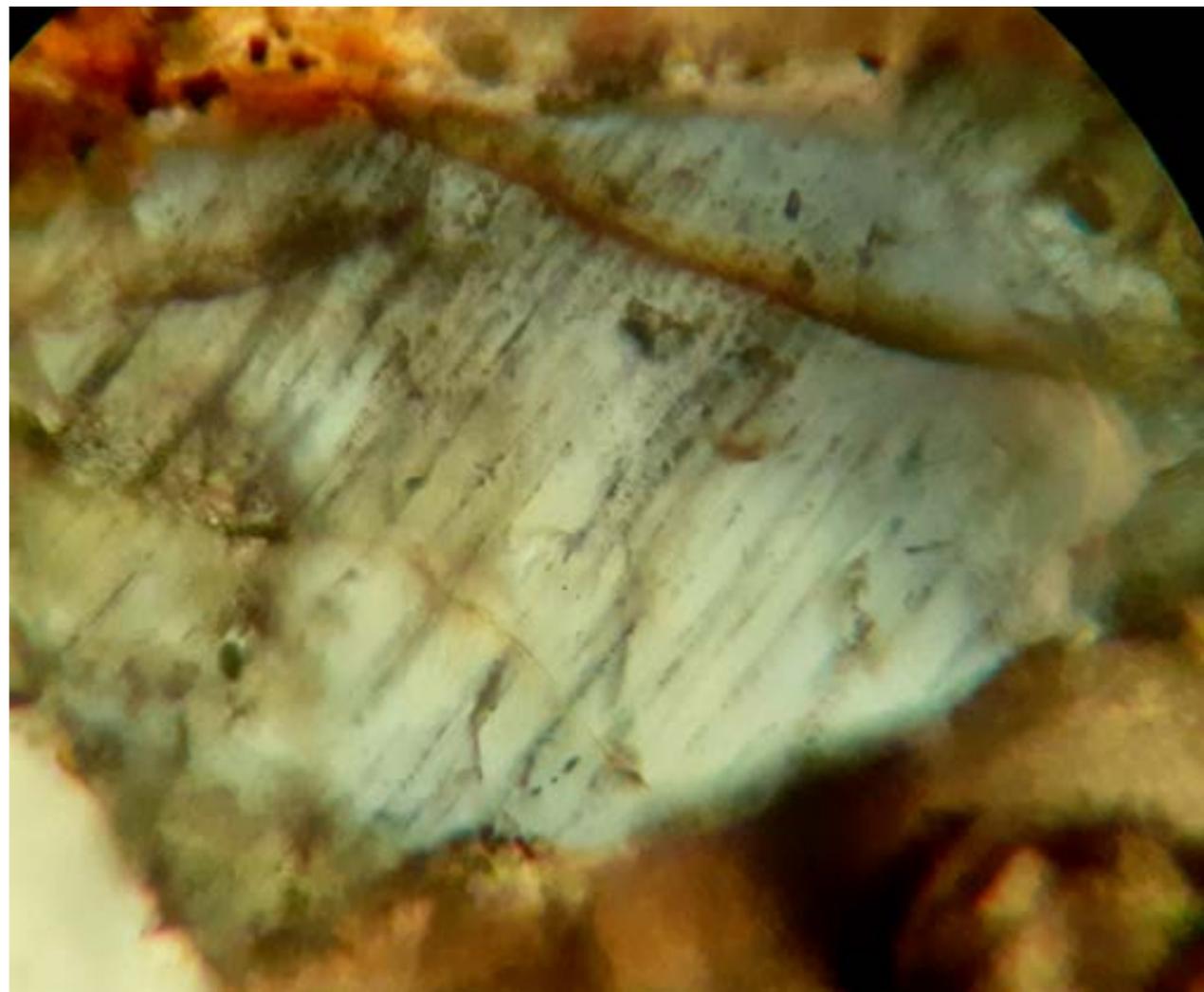
intensa presión y a una limitada temperatura, la estructura cristalina del cuarzo puede deformarse a lo largo de planos dentro del cristal. Estos planos, que al microscopio observamos como líneas, son llamados "características de deformación planar" o PDFs (del inglés planar deformation features). También se conocen como shock lamellae.

El cuarzo chocado se observó por primera vez en residuos alterados por la onda de presión producida en el ensayo de armas nucleares, capaces de producirlas, pero también se han observado en detritos recogidos en los cráteres de Chicxulub y Barringer, por ejemplo.

Y es que en la naturaleza, el cuarzo chocado se asocia a dos polimorfos de alta presión, la cohesita y la stishovita. Estos polimorfos tienen una estructura cristalina diferente al cuarzo estándar y solo se forman bajo una intensa presión, de más de 2 gigapascales pero a una temperatura moderada, aunque también se han visto en los residuos dejados por el impacto de rayos en la arena (fulguritas).

Con todo lo cual, el cuarzo chocado delataría un evento que no puede producirse por una erupción volcánica. Y es tan evidente que se ha encontrado en los residuos de la fina capa que separa como límite los estratos del cretácico y del terciario, en todo el mundo. En el llamado límite

▼ Abajo y derecha; Cristales de cuarzo mostrando PDFs.
Créditos; MeteoritesLab



KT, dejando de manifiesto que su origen, junto a la marcada presencia de iridio, es consecuencia de un violento impacto asteroidal ocurrido hace unos 65 millones de años.

En el repositorio del laboratorio conservo una muestra de 317 gramos de impactita procedente del lago Mien, y tres secciones delgadas de estas impactitas, que he utilizado en este estudio.

La observación de las mismas se ha realizado a través del microscopio petrográfico trinocular de Meteorites Lab, modelo RPL3T de Radical Scientific Equipments, con capacidad de hasta 600 aumentos. Generalmente se ha realizado

bajo nicols paralelos, aunque en algunas ocasiones se han observado a nicols cruzados con una lente de mica con interés de destacar más los cristales con menor birrefringencia. El cuarzo, después de todo, es un mineral que presenta un bajo nivel de birrefringencia, dando como resultado colores de interferencia blancos y grises del primer orden, por lo que la lente de mica ayuda a destacar sus características.

En los granos de cuarzo chocado se aprecia perfectamente la característica típica de estriado paralelo e intermitente propio de eventos de apenas unas decenas de millones de años que vienen a confirmar que el

lugar fue el punto de impacto de un gran asteroide que dejó marcadas las rocas del lugar. Una simple observación petrográfica ha podido generar tal conclusión que ha sido secundada por análisis geoquímicos.

Como la mayoría de estructuras de impactos, también la de Mien está profundamente erosionada y transformada en el lecho de un gran lago. Quizás su destino era pasar desapercibida para siempre, integrada en el paisaje actual, sin embargo, la investigación científica ha demostrado su origen. Mien fue, hace poco más de 100 millones de años, el lugar donde un gran cataclismo sacudió la Tierra, y ahora nosotros podemos conocer su historia a través de sus rocas.

Un día en el laboratorio petrográfico de meteoritos.



En el año 1986 comenzó la fiebre de los meteoritos en Sahara. Pero no fue algo que alguien buscara a conciencia, ni algo que fuera planeado por alguna universidad. Fue algo accidental, y dio origen a un boom en las décadas posteriores que culminaría en nuestros días con un horizonte prometedor y que para nada se imaginaban entonces que ocurriría.

Entre 1986 y 1987, un equipo alemán que instalaba estaciones sísmicas para la exploración de mantos petrolíferos descubrió 65 meteoritos en una planicie del desierto a cerca de 100 km al sureste de Dirj (Daraj), Libia. Este fue el primer indicio de que un vasto número de meteoritos podían ser encontrados en ciertas partes del Sahara. Unos años más tarde, un ingeniero anónimo

que era un fanático del desierto observó algunas fotografías de meteoritos encontradas en la Antártida, y recordó haber observado rocas similares en zonas que había recorrido al norte de África. En 1989, regresó a Argelia y recobró cerca de 100 meteoritos de al menos 5 localidades. En los siguientes 4 años, él y otros seguidores encontraron por lo menos 400 meteoritos más en las mismas localizaciones, y en algunas nuevas áreas en Argelia y Libia. Los lugares donde encontraron los meteoritos eran en zonas conocidas como regs (desiertos) o hamadas, que son áreas planas cubiertas tan sólo por guijarros y pequeñas cantidades de arena. En estos lugares, los meteoritos oscuros pueden ser avistados fácilmente, donde se han preservado muy bien debido al clima árido.

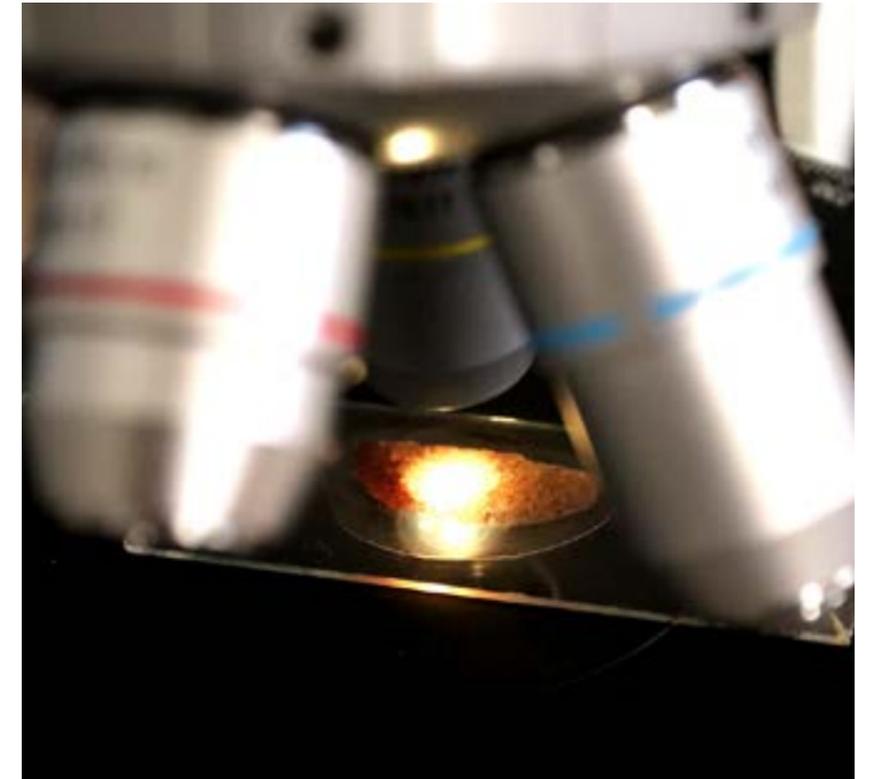
CITATION;

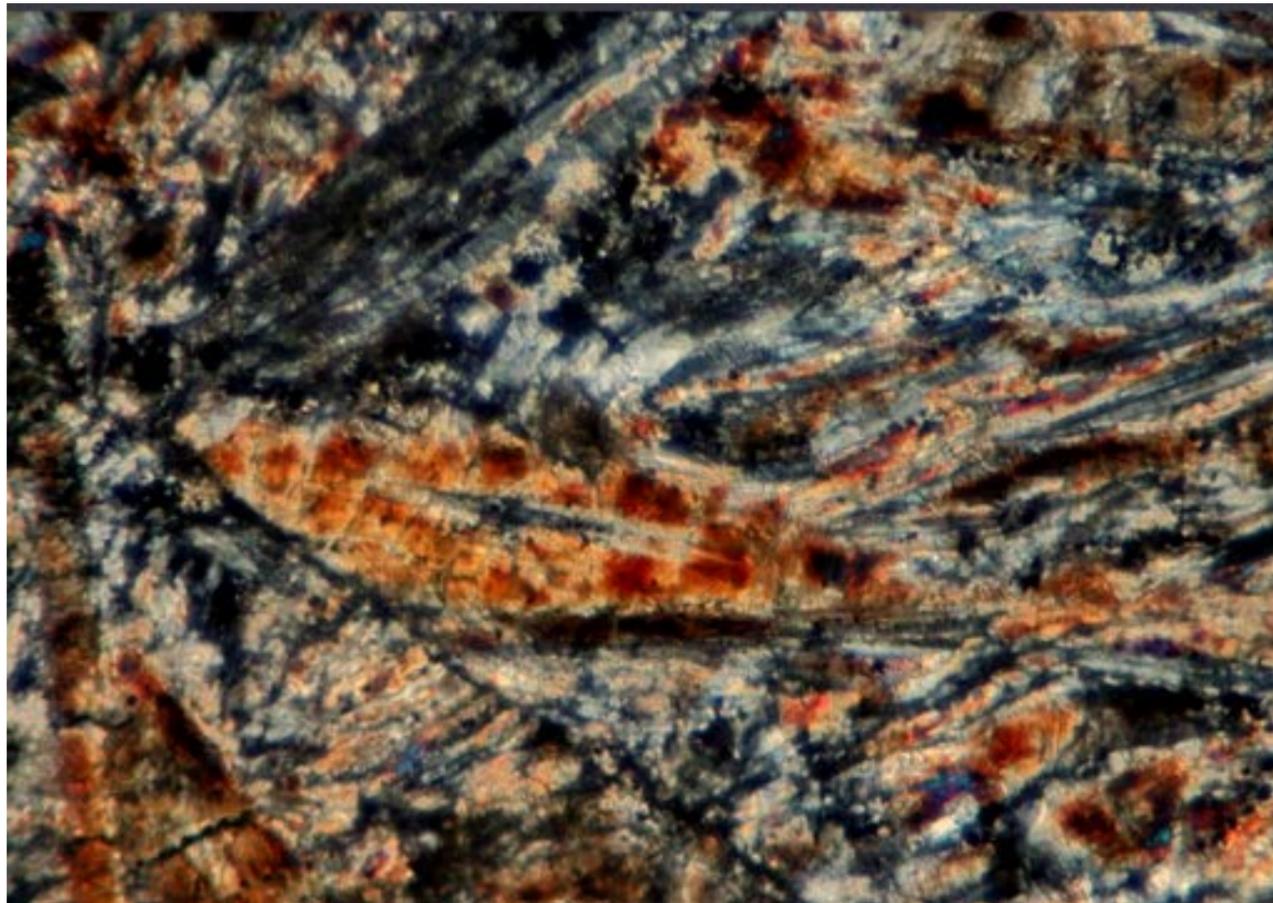
García, J. "Un día en el laboratorio". METEORITOS (ISSN2605-2946), núm 35, pp. 48-55, 2022.



Con estas palabras, extraídas de mi libro "Meteoritos en el Sahara" (disponible en venta a través de www.geocoleccion.com/tienda) relatamos el inicio de aquella fiebre que en los años posteriores iría creciendo cada vez más, hasta el punto de llegar a mover millones de dólares y abocar a los gobiernos de algunos países a emitir restricciones al comercio y la exportación de los mismos. Tal patrimonio nacional no puede ser fruto de expolios, al menos, sin dar algún beneficio al gobierno de turno.

Pero junto al florecimiento de este despertar de los meteoritos, aparecieron los primeros laboratorios universitarios donde formar expertos en ciencias





planetarias y abordar el análisis, estudio y clasificación de los meteoritos, que bien temprano se convirtieron en objetos de especial interés para museos y coleccionistas de todo el mundo. Por supuesto también lo eran de comerciantes y brokers que aprovechaban la ocasión para embolsarse unos dólares tratando como mediadores.

Estados Unidos fue, quizás, una de las primeras naciones en instaurar protocolos para el tratamiento de los meteoritos, condiciones para la regulación, análisis, aprobación y reconocimiento oficial de los mismos, inscripción en una base de datos internacional, y por supuesto, para proveer a la ciencia de fragmentos de investigación. Son los

llamados "type specimens" o especímenes tipo, de los que más adelante hablaremos.

Tras Estados Unidos, Europa, Rusia, y muchos otros continentes y países se fueron especializando a medida que sus mercados se abrían a los meteoritos, y se fueron estableciendo laboratorios y acuerdos entre instituciones y



profesionales. Después de todo, todos parecían remar en la misma dirección; la investigación.

Campañas norteamericanas y japonesas al continente Antártico también se han convertido en fuentes de meteoritos que mostraban grados de conservación sorprendentes ya que habían quedado congelados, y de las más variadas tipologías. Tantas que incluso algunas de ellas aún no estaban establecidas como tales cuando se recuperaron algunos de sus más significativos hallazgos en los hielos polares. Así fue con los meteoritos lunares, entre los que destacan el primer meteorito lunar (Yamato 791197) que fue hallado en el transcurso de la 20ª expedición antártica japonesa en noviembre de 1979. Debido a su apariencia muy similar a las condritas, estuvo durante largo tiempo sin ser examinado, por lo que se considera que el primer meteorito lunar identificado es ALHA 81005, hallado en la Antártida en 1982.

No podemos olvidar otro célebre meteorito, el famoso ALHA 84001, primera y única ortopiroxenita identificada procedente del planeta Marte, y sobre la que se han sucedido miles de análisis, algunos de los cuales llevaron al mismo presidente de los Estados Unidos a declarar en rueda de prensa oficial haber hallado restos fósiles marcianos en el mismo.

En cierto modo podemos decir que los hallazgos de meteoritos antárticos han contribuido al repositorio de astromateriales con una contundencia sorprendente, tanto así que los especímenes de estas expediciones científicas son total y absolutamente para uso científico. Rara vez se ven pequeñas porciones como partes de coleccionistas privados.

Gracias a los repositorios se ha incrementado el conocimiento de nuestro entorno interplanetario, cómo se formó, cómo evolucionó, qué vecinos cósmicos nos rodean y comparten nuestro sistema.

Pero por otra parte está el interés coleccionístico y comercial de los meteoritos, que en el mundo actualmente mueve millones de dólares en transacciones comerciales de ejemplares y por supuesto, en solicitudes de análisis de muestras recuperadas.

Y es que el laboratorio se ha convertido en el aliado necesario de coleccionistas y comerciantes, sobre todo porque, dejando de lado las consabidas condritas, fácilmente reconocibles con un mínimo de conocimientos, cada vez son más los meteoritos raros e impensables que se están descubriendo, y Sahara, por ejemplo, se ha convertido en un almacén próspero y casi infinito de meteoritos de tipos aún desconocidos.

Tanto es así que algunas de las últimas piezas descubiertas han alcanzado valores astronómicos en el mercado, principalmente por ser piezas anómalas e inagrupadas que jamás se pensaría que podían proceder de algún remoto lugar del sistema solar, y ahí están, identificadas gracias a los análisis llevados a cabo en las mismas.

Evidentemente, aunque existe un protocolo dictado de recomendaciones por el Comité de Nomenclatura para la aceptación de un meteorito en las bases oficiales, cada laboratorio a su vez establecerá también su parte en cuanto al trabajo que realizará con las muestras. Así es también en el laboratorio ADARA METEORITES LAB, donde les cuento cómo es un día normal.



Nuestro laboratorio se inauguró en 2016 como una necesidad a la conservación de los meteoritos de la colección del Museo Canario de Meteoritos. El creciente número de especímenes en las vitrinas conllevaba la necesidad de vigilancia de su conservación, y con un equipamiento mínimo, pero adecuado, arrancó el laboratorio. Con los años ha ido creciendo y especializándose hasta el punto de establecer protocolos específicos. En este laboratorio se trabaja la petrografía de astromateriales, la curación y conservación de los mismos, y la tramitación de clasificación oficial de nuevos hallazgos. En esta labor se cuenta no solo con los medios propios, sino con importantes acuerdos de colaboración con laboratorios universitarios y expertos en geociencias de manera que se cubre tanto el campo de la elaboración de muestras de análisis, como la petrografía, la geoquímica, la conservación y certificación de meteoritos, incluso la clasificación oficial de los mismos. El laboratorio es pequeño, es un laboratorio privado, donde diariamente están llegando muestras enviadas desde los más diversos lugares del mundo, principalmente de África. La labor con las muestras es muy meticulosa, ya que todas han de pasar previamente a su preparación, por un proceso de esterilización a través de ultravioleta y ozono, y posteriormente serán documentadas fotográficamente y pesadas.

Una vez terminado el proceso de documentación de las muestras, se procederá a llevar a cabo los cortes pertinentes en las mismas, con interés de extraer las submuestras necesarias tanto para la elaboración de las secciones delgadas, como muestras de geoquímica, y pieza de repositorio. Siempre ha

de quedar un fragmento en el repositorio del laboratorio, etiquetado y perfectamente conservado para garantizar su durabilidad.

El proceso de elaboración de la sección delgada tarda generalmente entre 10 y 15 días. En ocasiones suele ser algo más largo, ya que el proceso es bastante preciso y generalmente hay bastantes muestras en cola. Después llega el análisis petrográfico, a lo que se dedica uno o dos días en semana, ya que las labores de documentación, interpretación de datos, comunicación a los clientes, promoción, etc... es lo que más tiempo consume.

Si la muestra se considera adecuada para su clasificación oficial, o si así lo ha solicitado el cliente, se procederá a la extracción del espécimen tipo y su derivación para llevar a cabo los análisis geoquímicos oportunos. Este proceso es el más largo, ya que si no hay una necesidad de urgencia, el proceso puede tardar no menos de 2 meses.

Una clasificación oficial puede lograrse en unos 3 meses, aunque es frecuente que se tarde bastante más, ya que este proceso no de-



pende solo de los investigadores, sino de un comité que evalúa los datos entregados y decide si son correctos, hay que corregir algo, o si simplemente, no son válidos.

Las comunicaciones entre el laboratorio, los clientes y sus socios son cruciales, ya que de ellas depende el buen desarrollo del trabajo.

Y al mismo tiempo este desarrollo, como se ha comentado, tiene sus tiempos. He viajado muchas veces al Sahara, y doy fe que en el desierto, parece que el tiempo se detiene, pero cuando hablamos de meteoritos, un segundo es una eternidad, y es que no es raro que los clientes presionen o intervengan a menudo en interés de tener los resultados de un día para otro. Sin embargo, el laboratorio marca sus propios tiempos, y somos los demás quienes debemos adaptarnos al desarrollo y la carga de trabajo existente.

Con la misma rapidez con que algunas muestras son descartadas, otras sin embargo requieren repetir los análisis más de una vez, incluso valorar ciertos aspectos determinados o contrastarlos con otros técnicos expertos, para una correcta interpretación. Es normal que un proceso de clasificación se convierta en una pesadilla, cuando algún dato baila y el criterio de los investigadores diverge en algún punto. Normalmente esto ocurre ante algún error analítico, que aunque no es lo habitual, puede suceder. Por ello se llevan a cabo análisis dirimentes, y por esto mismo también se debe reservar una porción de la muestra inicial en el repositorio.

La obtención de los datos a través del instrumental de laboratorio conlleva tiempos. Los espectróme-

tros requieren de ciertos tiempos de exposición para obtener datos. Los microscopios también reclaman mucho tiempo, no solo al análisis, sino a la investigación. Y todos los medios requieren sus tiempos, que aunque son difíciles de entender por los clientes desde fuera, quizás por ignorancia, lo cierto es que están así establecidos.

El técnico examina con mucho detenimiento las secciones delgadas al microscopio petrográfico, documentando en su block de notas todo lo que observa; texturas, componentes, características y curiosidades. Absolutamente todo va quedando documentado por video y/o fotografía. Esta es la parte sencilla, la toma de datos. Lo demás viene después, cuando toca interpretar los datos obtenidos de todas las observaciones y análisis de muestras de mano y preparadas.

El laboratorio es un ambiente singular. En él, los instrumentos están impecablemente mantenidos, limpios, ordenados. Todas las muestras y repositorios están perfectamente identificados y documentados, los archivos actualizados, el instrumental a punto. No se concibe un laboratorio con desorden, suciedad y caos. Y este nivel de cuidados del laboratorio también requiere su tiempo y es tiempo que el técnico, como conocedor de este particular hábitat, debe dedicar.

Hay una parte del trabajo de laboratorio que requiere una mención especial, y es el control y mantenimiento de las muestras del repositorio. Esas muestras reservadas para la investigación científica han de estar en las mejores condiciones posibles, y para ello, son revisadas por el técnico regularmente,

ya sean muestras de mano, como secciones delgadas. Generalmente estas muestras forman parte de estudios e investigaciones y por tanto es fundamental que estén en el mejor estado, procediendo a la aplicación de las técnicas de mantenimiento (preventivas o correctivas) que se consideren adecuadas para las mismas.

Una vez el especialista ha interpretado los datos de una muestra recibida, procederá como de costumbre a redactar el informe correspondiente. Las muestras que resultan negativas no suelen ser de interés para los fines del laboratorio de meteoritos, pero puede reservar muestras y secciones para otro tipo de estudios geológicos propios o de otros colegas e instituciones. Las muestras positivas, por su parte recorrerán un camino diferente, ya que son las dirimentes de las certificaciones emitidas. Se conservarán para investigación.

La labor del laboratorio es apasionante, sobre todo cuando se descubren muestras de especial interés científico, mientras que a veces se torna un tanto agria, cuando hay que comunicar resultados negativos, con la consiguiente frustración que suele causar en los clientes. Sin embargo, no deja de ser una labor imprescindible para determinar con fiabilidad la naturaleza de las muestras estudiadas.

Ahora, el laboratorio trabaja muy activamente tanto en la identificación de nuevos meteoritos, como en la clasificación oficial de los mismos, habiendo llevado a cabo numerosas clasificaciones nuevas. La admisión de muestras para análisis está abierta a todos, y tienen toda la información a través del enlace www.meteoriteslab.org



El meteorito de Ensisheim

Existe una palabra entre los coleccionistas de meteoritos, una palabra que es casi sagrada. Unos la pronuncian con devoción, otros sienten un orgulloso escalofrío. Pero lo cierto es que Ensisheim ha sido y es Historia y actualidad en la comunidad meteorítica por excelencia.

El pasado mes de junio, como cada año por las mismas fechas, la localidad francesa de Ensisheim acoge uno de los certámenes y ferias más notables para la comunidad, no solo europea, sino internacional. Es el punto de encuentro de coleccionistas de todo el mundo, donde viven unas jornadas entre viejos amigos y conocidos, y numerosos stands que dan al visitante la oportunidad de adquirir auténticos tesoros procedentes del universo. Es la feria de meteoritos europea más famosa,

y quizás la que cuenta con una historia sin precedentes.

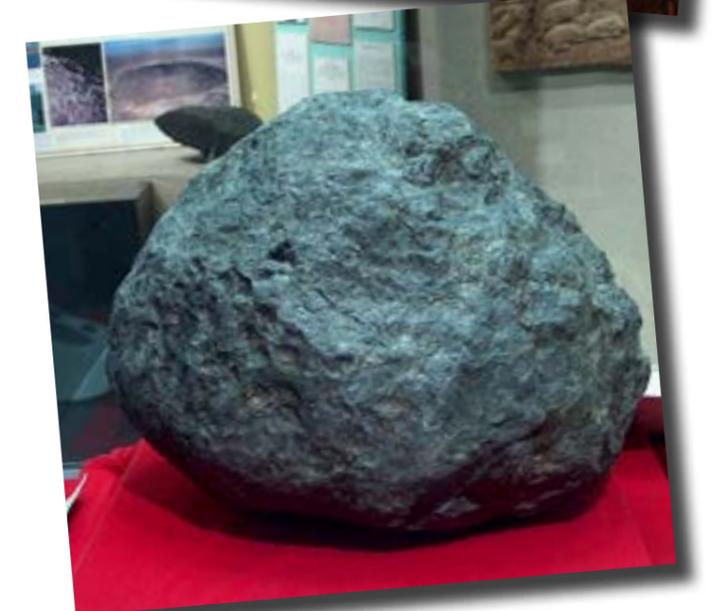
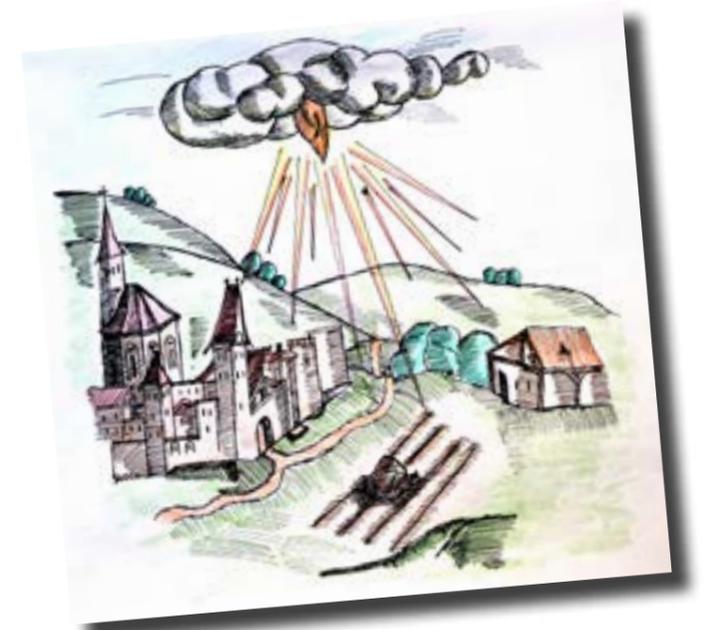
Pero al margen del notable éxito de la feria de Ensisheim, este nombre hace referencia además a un meteorito, caído al mediodía del 7 de noviembre de 1492, y que le garantiza el título de ser el meteorito, aún conservado, más antiguo del viejo continente europeo.

Hacia el mediodía de esa fecha, una bola de fuego fue vista caer con gran estruendo que se escuchó hasta 100 kilómetros a la redonda. El cuerpo celeste se precipitó al suelo, cayendo en un trigal entre las localidades de Ensisheim y Battenheim, en Alsacia, Francia. Numerosas personas fueron testigos de la caída, formándose un gran revuelo en la población que acudió en masa al lugar para

observar aquella cosa que había caído del cielo, y de paso raspar unos fragmentos de aquello que en origen se le calculó un peso sobre 127 kilos, y llevárselo como amuleto.

Dado el daño que la roca estaba sufriendo, un magistrado de la población prohibió que se extrajeran más fragmentos. Pero fue tan notable el suceso, que las noticias llegaron al Emperador Maximiliano I de Habsburgo, que en ese momento se hallaba en Ensisheim, y tomó la decisión de reservar aquella roca para el soberano. Extrajo dos fragmentos que los llevó con él a la guerra, como señal de buen augurio.

Con el paso del tiempo, los fragmentos se diseminaron por colecciones y museos de todo el mundo, quedando la masa principal conservada en el Museo de la Regencia de Ensisheim, y desde entonces se ha convertido en un símbolo entre los coleccionistas más prestigiosos que orgullosamente muestran los fragmentos que conservan en sus colecciones. Ensisheim es una condrita ordinaria LL6 brechada S3 Wo, de origen asteroidal. En términos de textura y mineralogía, Ensisheim parece estar dentro de las normas para el grupo geoquímico LL tal como se define actualmente. Es una brecha en gran parte de grano grueso con cóndrulos pobremente definidos (y matriz de grano más fino) que consiste principalmente en olivino (Fa28), piroxeno y plagioclasa muy pequeña. La troilita, el metal Fe-Ni y la cromita se encuentran principalmente como pequeños agregados entre silicatos. También se han informado varios opacos menores.





El meteorito de Bañobárez



Victoriano Canales Cerdá
Miembro de REDSPA y CODICE

Bañobárez es una pequeña localidad salmantina integrada en la comarca de Vitigudino y la subcomarca El Abadengo, que pertenece al partido judicial de Vitigudino. Su extensión apenas es de 50 Km cuadrados y está formado por un único núcleo de población.

En 1981, un agricultor arando el terreno se le enganchó el arado con un trozo de metal del tamaño de una sandía. Del golpe se partió en trozos uno de ellos se lo llevó a su casa donde lo guardó dentro de un tarro de cristal, el res-

to, como si escoria se tratara, la tiró por los alrededores.

Sin apenas hacerle caso a ese trozo de metal, el campesino continuó manteniéndolo en el frasco durante años, como si de un recuerdo se tratara. De alguna manera Eduardo Martín González, profesor jubilado y fundador del Museo Arqueológico de Lumbrerales (Salamanca), lo vio y pensó que podría tratarse de un meteorito. Por la curiosidad de la pieza, consiguió que el campesino le diera el frasco con el trozo metálico. Eduardo se la entregó a An-

CITATION;

Canales Cerdá, V. "El meteorito de Bañobárez". METEORITOS (ISSN2605-2946), núm 35, pp. 58-59, 2022.

gel Rolland, investigador del IAA-CSIC, que a su vez, en 2008, se lo entregó a Alberto Castro-Tirado, también investigador del IAA-CSIC. Al poco tiempo de tenerlo, Alberto se lo envió al Dr. Jordi Llorca, de la Universidad Complutense de Cataluña, para hacerle los análisis correspondientes. Tras hacerle las pruebas químicas, el resultado fue positivo, el trozo de metal con el que tropezó el agricultor con su arado, era un meteorito metálico, concretamente una octaedrita tipo IIIAB.

Después de darse el resultado, Jordi y otros investigadores fueron a Bañobárez

para intentar recuperar más trozos del meteorito, pero el resultado fue negativo. Tras haber pasado tanto tiempo, nadie se acordaba dónde pudo haberse tirado el resto del meteorito. Se buscó a fondo en la zona donde se encontró y sus alrededores, pero no se llegó a encontrar nada. Una pena para la ciencia meteórica.

Actualmente se encuentra en el Museo Nacional de Ciencias Naturales.

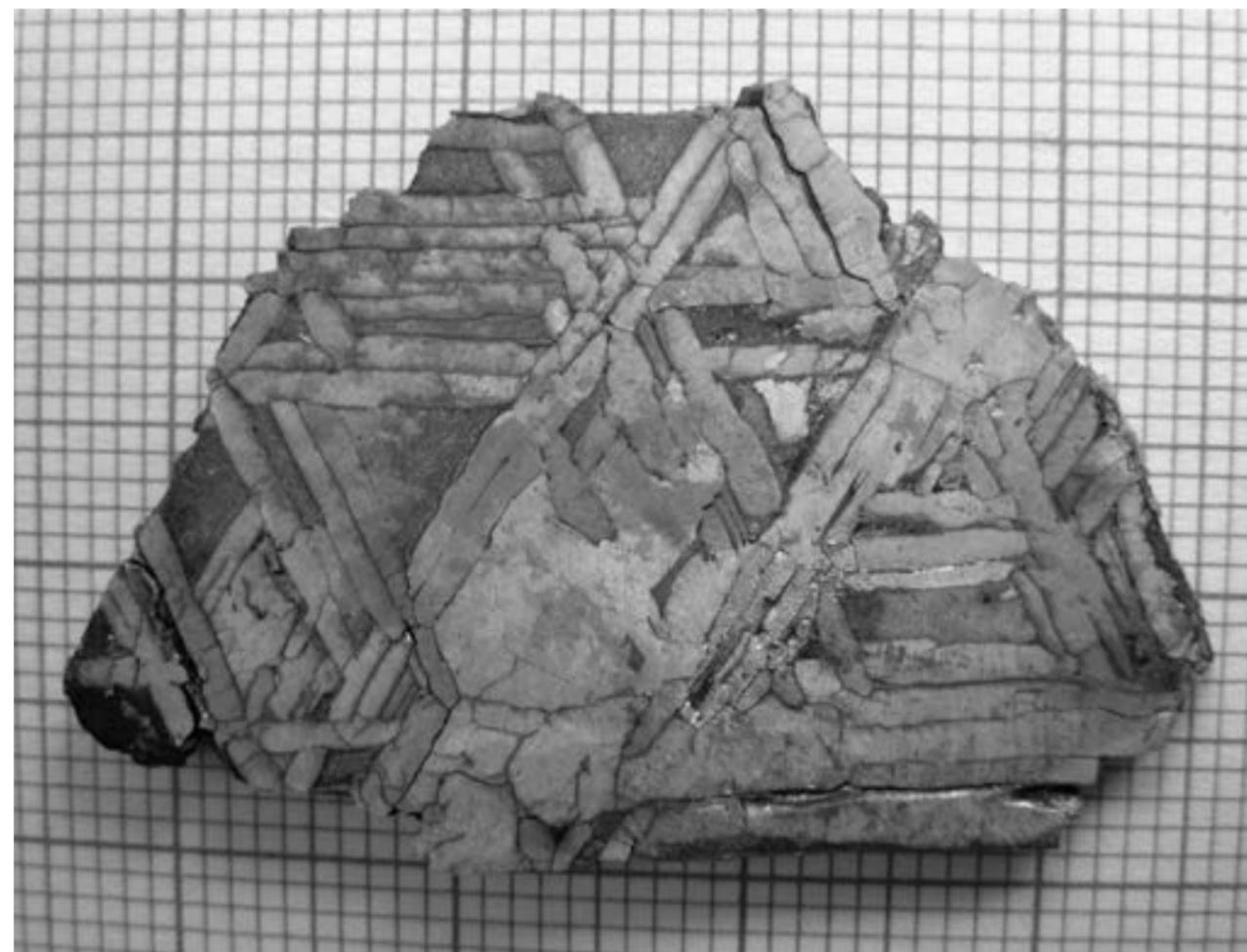
Resultado de los análisis:

Petrografía : (J. Llorca, UPC)
El meteorito es una octaedri-

ta mediana que contiene kamacita, taenita y pocos campos de plesita. El ancho de banda de Kamacite es de $1,0 \pm 0,2$ mm.

Geoquímica : (J. Llorca, UPC)
Datos ICP-OES: Ni=80,8, Co=5,6, P=1,4, S=0,1 (todos mg/g); Datos de ICP-MS: Cu=167, Cr=48, Ge=42, Ga=21, Pt=11, Os=5,0, Ru=9,7, Ir=3,6, Au=1,0 (todos µg/g).

Agradecer a Jordi Llorca su aportación para la realización de este pequeño artículo del meteorito de Bañobárez.



EXTINCION DE LA MEGAFUNA: ¿IMPACTO METEORITICO O MEGA FULGURACION SOLAR?



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

Todos conocemos ejemplos de la mega fauna típica de la Edad de Hielo (época del periodo geológico Pleistoceno). Son, por ejemplo, el mamut, el tigre de dientes de sable, el megaterio y el gliptodonte. Sus huesos fósiles y esqueletos están presentes en decenas de los grandes museos del mundo.

Esta mega fauna de mamíferos grandes con un peso de más de 50 kg se extinguió en forma bastante rápida hace

unos 12800 años. En Norteamérica se extinguen el 70 % de las especies de mega fauna. Y en Sudamérica se extingue el 80 % de ella.

Por décadas se ha hablado entre los paleontólogos de un "cambio climático" a escala global para explicar su extinción. Recientemente se ha hablado de la posibilidad de que un gran impacto de asteroide/cometa fuese la causa de la extinción de la mega fauna. Veamos el porqué.

CITATION;

Rocca, M. "Extinción de la Megafauna, ¿impacto meteorítico o megafulguración solar?". METEORITOS (ISSN2605-2946), núm 35, pp. 60-63, 2022.

Horizonte Usselo ►

EL HORIZONTE DE USSELO (BLACK MAT)

En la década del 1940 un arqueólogo holandés de nombre Cornelis Hijzeler identificó por vez primera en una arena un nivel estratigráfico de carbón y hollín localizado justo al final del periodo Pleistoceno, hace 12800 años.

Lo identifico en USSELO, cerca de Enschede, en Holanda y tiene entre 5 y 15 centímetros de espesor. Era muy curioso. Parecía decirnos que grandes incendios habían ocurrido en ese momento geológico. El hallazgo quedo olvidado luego por décadas.

Desde entonces el llamado "Horizonte de Usselo" ha sido identificado estratigráficamente en muchos otros sitios del mundo. Se lo ha estudiado ya en detalle.

Se caracteriza por mostrar hollín, carbón, nano diamantes, micro esférulas vídrias-metálicas y rastros geoquímicos del gas extraterrestre ³ Helio. El horizonte de Usselo muestra también un marcado pico en la abundancia geoquímica de metales del grupo del Platino (ej., Iridio y Osmio).

Todo esto, a primera vista, apuntaría a que en ese momento ocurrió un gran impac-

to de meteorito gigante. Pero el tema aún no está completamente definido.

Hasta la fecha (2022) no se ha identificado ningún cráter de impacto en el mundo que sea del tamaño correcto (más de 100 km de diámetro) y de esa época exacta (12800 años).

Desgraciadamente tampoco nadie aún ha identificado, de manera irrefutable, en el Horizonte Usselo cristales de minerales shockeados que son típicos de eyectos de cráteres de impactos de meteoritos gigantes. Los cristales de minerales shockeados son formados por el paso de la onda de altísima presión del



impacto meteorítico y son una prueba indiscutible de un cráter de impacto de asteroide/cometa.

Es así que la idea de un impacto cósmico hace 12800 años resulta aún muy controvertida. Pero esto podría cambiar pronto ya que hay en curso búsquedas de minerales shockeados en sitios de esa época.

¿UNA MEGA FULGURACION SOLAR CON EYECCION DE MASA CORONAL?

El Sol es una estrella amarilla de 1.392.000 km de diámetro ubicada a solo 149 millones de kilómetros de La Tierra. Es el centro de nuestro sistema planetario.

El Sol engaña. Parece regalarnos una constante y feliz fuente de luz y calor. Se ha comportado relativamente muy "tranquilo" y predecible por 300 años... y eso nos engaña. Pero eso es solo una parte de su posible comportamiento.

Lentamente nos damos cuenta de que es más inestable y peligroso de lo que jamás imaginamos. Lo vemos en estrellas cercanas del mismo tipo del Sol (estrellas con espectros del tipo F5 V a K0 V) que muestran comportamientos de fulguraciones muy violentos.

Durante el siglo XVII el Sol interrumpió su normal ciclo de 11 años de manchas solares y actividad magnética por más de 75 años. Es el llamado MINIMO DE MAUNDER y nuestro mundo se sumergió en una pequeña edad de hielo.

Ahora, lentamente, nos vamos dando cuenta de que durante el final del Pleistoceno nuestro Sol mostró signos de una actividad muy violenta. Esta gran actividad solar podría haber sido hasta 50 veces más fuerte que la actual.

Se acaba de publicar en la prestigiosa revista científica británica NATURE un reporte sobre una tremenda fulguración solar hace 9200 años. En palabras fáciles una mega tormenta solar muchísimo más fuerte que ninguna de los tiempos modernos.

Una fulguración solar con Eyección de Masa Coronal es, en palabras fáciles, una tremenda explosión de material muy caliente (plasma) originada por un cortocircuito en los enormes y potentes campos magnéticos de la superficie y la atmósfera solar.

La explosión arranca materia de la corona solar que es la parte más alta de la atmósfera solar. Este cortocircuito en la atmósfera solar libera al espacio interplanetario una cantidad colosal de energía.

El material lanzado desde el Sol durante las fulguraciones se propaga por el espacio interplanetario y al llegar a La Tierra choca con la magnetosfera terrestre y produce las auroras polares. Paul LaViolette ya había publicado en 2011 información de 2 posibles tremendas fulguraciones hace 12800 años.

Estas fulguraciones serían, según sus cálculos, cien veces (¡exactamente unas 125 veces!) más fuertes que la más potente fulguración jamás registrada en los tiempos modernos. MALO, mucho.

Una fulguración con eyección de masa coronal tan energética y potente comprimiría la magnetosfera terrestre por completo. La magnetosfera es el campo magnético generado por el núcleo líquido de hierro y níquel de la Tierra. Nos protege de las tormentas solares normales y hace a las brújulas apuntar hacia el norte.

Al comprimir la magnetosfera casi por completo, las partículas de la radiación de plasma solar llegarían a la superficie terrestre sin filtro ni freno. Esto sería catastrófico para la vida aquí en la Tierra.

Rayos UV, Rayos X y Rayos Gamma bañarían la superficie de nuestro mundo generando daños genéticos y cánceres

en todo ser vivo evolucionado. Para colmo también sufriríamos un baño de protones y electrones de alta energía y de núcleos atómicos del gas Helio. Una radiación también muy dañina, aunque no tan penetrante como las anteriores de rayos UV, X y Gamma.

Los datos obtenidos del estudio mundial del Horizonte Usselo encajan bien con los efectos de una mega fulguración solar.

La mega fulguración solar hace 12800 años habría originado los incendios a escala mundial en la superficie terrestre. Se estima que se quemó el 9% de la biomasa total de nuestro planeta. Si esto realmente paso hace 12800 años, no quiero decirles el daño

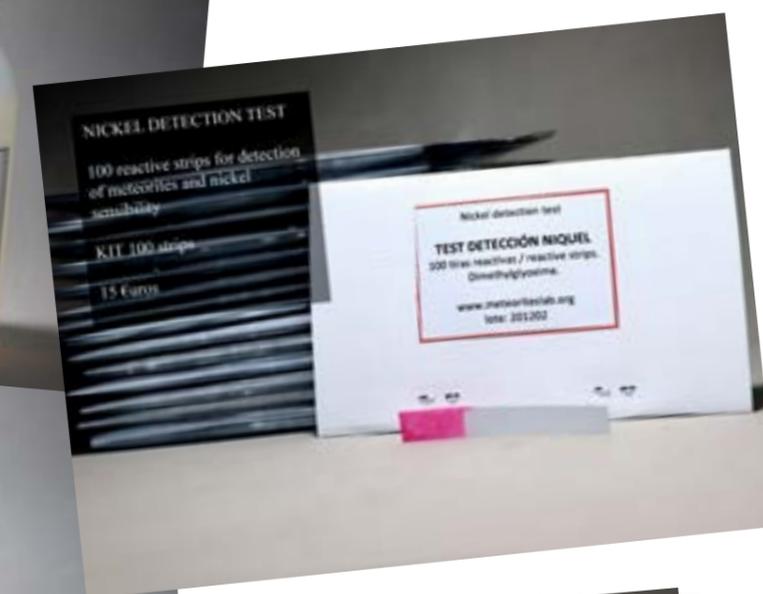
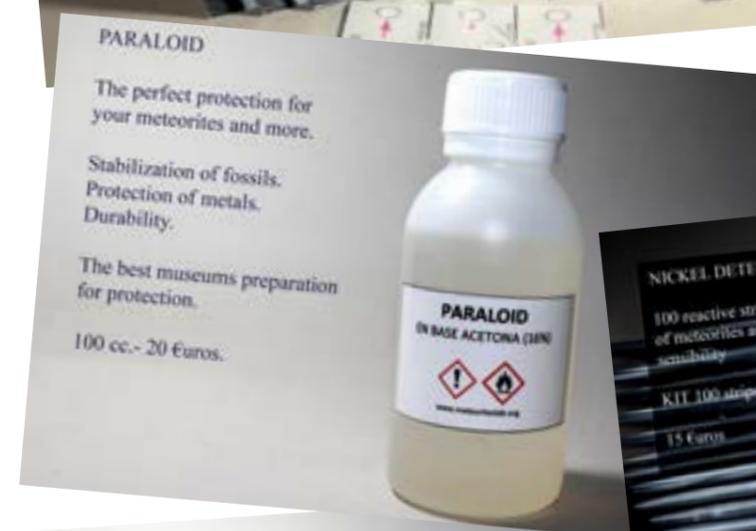
biológico causado. ¿Sería esta la causa de las extinciones de mega fauna de esa época? Parece que podría bien ser así.

Nuevos estudios geológicos definirán qué paso exactamente hace 12800 años atrás y qué fue lo que mató al mamut y al megaterio. ¿Impacto cósmico o mega fulguración solar?

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.

*Megaterio ►
Fósil del perezoso gigante que fascinó al mundo.*





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.

www.geocoleccion.com/tienda

VERIFICA, EMBELLECE
Y PROTEGE

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

La gestión de un NO.



Antes de entrar de lleno en el texto del artículo creo de rigor comentar que este no era el tema previsto para esta entrega, pero como quiera que quienes nos dedicamos al trabajo de identificar meteoritos nos vemos sometidos a algunas cuestiones no menos desagradables, creo que es buen momento abordarlo ya, y aprovechar la ocasión para hacer un llamamiento a la cordura.

Son consciente de que a la inmensa mayoría de las personas no nos gusta que nos den un no por respuesta, sobre todo cuando tenemos o queremos tener el convencimiento de que nuestro requerimiento es correcto. Y no podemos olvidar que la frustración con frecuencia lleva al odio, a la ira y a sentimientos encontrados que pueden terminar en palabras mayores si no se corta de raíz desde el

primer momento. Por este motivo he querido titular este artículo "La gestión de un No"

Puede parecer una frase sin sentido, pero les explicaré brevemente su significado, y la van a entender todos a la perfección.

¿Alguna vez han tenido esa desagradable sensación de que padecen alguna enfermedad o problema, y que necesita urgentemente ir al médico para que les diga algo, pero no se atreven porque tampoco quieren que les diga que pueden tener algún problema de salud grave?

Pues en esa estamos. Muchos coleccionistas y aficionados al mundo de los meteoritos, después de algún tiempo coleccionando y comprando ejemplares, llega un momento en que toma la decisión de salir al

campo a buscarlos. Después de todo, si otros los encuentran, ¿por qué no iba a hacerlo yo, verdad?

Hasta aquí todo va bien, es emocionante, y no se piensa en otra cosa que en organizar bien el tiempo de trabajo, para que el fin de semana pueda dedicarlo a salir al campo a buscar meteoritos. Preparo la mochila, saco mis billetes de avión, si finalmente decido dar un salto al desierto, donde las probabilidades de hallazgo son mayores, y me emociono pensando encontrar el tesoro del siglo, antes incluso de haber salido a la búsqueda.

De repente, los días pasan, y llegamos a la zona donde hemos decidido, por alguna razón que desconocemos, que ahí pueden haber meteoritos. Para algunos es la playa, para otros el meandro de un río, para otros, en fin, un desierto o zona árida. Da igual, estamos ahí porque "algo en mi interior"

me dice que busque ahí. Y como no tengo otro consejo mejor, voy a buscar ahí.

De repente, una roca llama nuestra atención sobre el terreno. Pues no sé, igual porque es más oscura, o simplemente porque parece que todas a su alrededor son diferentes, sin siquiera pensar que aquello es un meandro fluvial, una zona de depósito de aluviones.

El caso es que aquella roca, por alguna razón que nuestra experiencia no asiste, parece tener una finísima capa que parece costra de fusión. O simplemente, porque esas inclusiones blancas las he visto en fotos de rocas lunares. Aquello, sin duda, es sospechoso de ser algo muy valioso. Lo preparo, lo protejo bien, anoto todo lo que se me ocurre, y lo guardo para mi regreso a casa.

La vuelta al hogar se torna emocionante, porque creemos tener

el tesoro del siglo. Ahora bien, somos conscientes de que debe pasar por un proceso de laboratorio para tener la confirmación real de que es una roca del espacio. Pero... ¿y si no lo es?

Bueno, ¿por qué no iba a serlo? Si es igualita a aquellas rocas grises y blancas que proceden de la Luna, o a aquellas rocas marrones que son condritas. Tiene que serlo, me digo, intentando convencerme que mi roca es un tesoro. Pero claro, no me atrevo a que me digan que no lo es. No sé cómo puedo reaccionar, si es que hay posibilidad de reacción.

El caso es que a nadie después de haber invertido tanta ilusión y recursos le gusta que le digan que lo que tiene no es nada de interés, ni siquiera que tenga algún valor. Es frustrante, pero la verdad debe prevalecer, si quiero que mi colección siga teniendo credibilidad.





Va, venga, extraigo la muestra... cuidado, solo una raspa, no sea que la roca sea valiosa y pierda una fortuna. Después de todo creo (que lo digo yo porque me lo invento, no porque sea así) que los científicos con un pedacito microscópico ya pueden saber lo que es, sin pararme a pensar que hay que cortar, extraer láminas delgadas, muestras para distintos análisis, etc, etc...

Saco mi mini muestra, tan ridícula como las esperanzas que tengo de que sea valiosa, y contacto con un laboratorio que pueda estudiar presuntos meteoritos. De repente, me comunican el importe del análisis que hay que hacer. Es otro jarro de agua fría, porque como quiero hacerme rico sin trabajar ni invertir nada, pues esto me parece un abuso, además de tener que mandar una muestra más grande, según me dicen... Al final no tenía yo muy claro que esto fuera a salir gratis. Pero

bueno, accedo. Envío la muestra, me gasto un dinero importante en análisis, y así queda la suerte echada. A esperar y a rezarle a todos los santos del cielo que mi muestra sea buena, como si los santos pudieran hacer algo por transmutar las moléculas de mi roca para engañar a los científicos...

Ha pasado una semana. Estoy atacado de los nervios. No tengo aún resultados del laboratorio. Voy a mandar un mail saludando, así como quien no quiere la cosa, no sea que se hayan olvidado de mi muestra, a pesar de que ya me advirtieron que el proceso puede demorarse semanas...

Nada, he recibido el mismo saludo, sin más información. No sé. Igual si tardan tanto es porque es algo importante y están haciendo estudios profundos. Después de todo no voy a pensar que puede ser porque en el laboratorio hay

muchas muestras antes que la mía, por ejemplo.

El estado de ansiedad sigue en aumento, porque han pasado 3 semanas desde que mandé la muestra. En todo este tiempo no he parado de hablar con amigos de lo que posiblemente pueda ser mi descubrimiento del siglo, intentando explicarles mis apreciaciones, absurdas a veces, y comparándolas con otras que se ven en auténticos meteoritos que no dejo de buscar en Google, pero siempre buscando rocas que se parezcan a la mía, por supuesto. El caso es evitar a toda costa que haya fotos de otros meteoritos reales y que no se parezcan a nada al mío. Y en este proceso, cualquier foto, aunque haya sido posteada sin criterio ni autenticidad en las redes sociales, es válida. Porque claro, si mi roca tiene manchas blancas, las rocas lunares también las tienen, por tanto, son lo mismo. No me paro a pensar siquiera que la ciencia en este asunto no se sustenta en apreciaciones visuales.

Un día, de repente, llega un mail. Me confirman que la muestra ha sido analizada y que lamentablemente no es un meteorito. Es un simple trozo sedimentario terrestre.

Empieza a formarse un torbellino en mi cabeza... y a partir de aquí tomo el hilo de una anécdota real que he vivido hace unos días.

El cliente me envió seis muestras para estudiar, seguro como estaba que aquellas muestras eran lunares. Y como queriendo recompensar que no iba a hacer ningún pago por mi trabajo, me obsequia con un ejemplar de "meteorito lunar" que venía a ser lo mismo que mandó para estudiar. Solo tener-



lo en las manos, una persona con experiencia en rocas lunares se da cuenta que aquello no son rocas lunares. Pero preparo las secciones para petrografía y hago el análisis correspondiente. Efectivamente son sedimentos ricos en carbonato de calcio. Es terrestre. Así lo comunico al cliente.

Entiendo que es muy frustrante recibir un no, lo que no voy a entender jamás es que si una persona es lo suficientemente madura y sensata como para enviar muestras a un laboratorio para que se las analicen, inviertan su tiempo

en hacer perder el del experto que las estudió. Si no son, por las razones que aparecen en el informe, no son, y no hay más que discutir por parte del técnico.

El coleccionista se enfada, se frustra hasta niveles de pensar que le quieren robar sus piedras, y no se le ocurre otra que recurrir al sempiterno y todopoderoso Google para intentar rebatir la opinión del técnico. Y lo intenta, lo avasalla con mails discutiendo cosas absurdas y cargados con capturas de pantallas de páginas tipo mundosdemisterios.

com o anunnakis.es pretendiendo hacer valer aquello sobre las apreciaciones científicas de una persona cualificada y con experiencia avalada en meteoritos.

Mails, WhatsApps, llamadas continuas... las muestras de acoso se suceden. Con lo fácil que es hacer bien las cosas, gestionar el no, aceptarlo, o en el peor de los casos, recurrir a otro profesional para dirimir la opinión del primero, como hacemos cuando nuestro médico de cabecera no nos convence, y pedimos una segunda opinión.

Y si encima el técnico no nos contesta, o corta la discusión, lo tachamos de incompetente y de mil cosas más. Y entonces entramos en la fase agresiva. Amenazas de descrédito en las redes sociales, que si voy a hundir tu reputación, que si tienes que compensarme por algún motivo que no alcanzo a justificar, que si bla bla bla...

¿Realmente ustedes creen que los científicos que dedican sus vidas al trabajo de laboratorio tienen algún interés en hacer la puñeta a las personas diciéndoles que sus rocas no son meteoritos, por el simple hecho de hacerlo? ¿Creen de verdad que tienen algún interés en piedras que no sirven para nada a sus investigaciones?

Ahora me pongo serio. Señores, señoras, todos aquellos de ustedes que se vieron, se ven o se verán en una situación similar, porque van a ser la mayoría de los que leen estas líneas, aprendan a gestionar un NO. La ciencia es la que debe prevalecer. No podemos pretender que lo que dice Google sea prevalente sobre lo que dice un experto. Y que si recurrimos a su opinión y ayuda, es porque nosotros no tenemos ni el conocimiento ni los recursos adecuados para llegar al fondo de una cuestión. Así que si confiamos en

la ciencia, háganlo de principio a fin, no estén molestando, incordiando o acosando a los técnicos de un laboratorio que lo único que hacen es analizar un material de forma totalmente imparcial y emitir conclusiones a un análisis, repito, imparcial.

Si por las circunstancias que sean ustedes no están de acuerdo con los resultados, es bien sencillo. En el mundo hay miles de universidades, museos y entidades privadas donde pueden analizar de nuevo sus muestras. Busquen dirimir, pero siempre con expertos, no con google, las conclusiones que no les convenzan. Si a pesar de todo, después de haber ordenado varios análisis y haber llegado todos a la misma conclusión, siguen pensando diferentes, no lo dudes... el equivocado eres tú. Reconocerlo no es ninguna derrota, es madurez. No siempre tenemos la razón en todo lo que queremos.



Nos hemos acostumbrado a un sistema en el que "el cliente siempre tiene la razón". Y esto es falso. Tan falso como que si fuera así, ¿para qué demonios vamos al médico, o enviamos muestras a un laboratorio? ¿Para que nos digan lo que queremos oír? ¿Para que la ciencia sea otra gran mentira?

Con esto quiero decir que las salidas a buscar meteoritos no siempre terminan con algún hallazgo, y lo más probable es que salgan cientos de veces y no encuentren nada de interés, más allá de algunas rocas sospechosas que será el laboratorio quien se encargue de dirimir.

Hay que ser coherentes, y no pretender que quienes tienen el conocimiento de las cosas las adapten a lo que queremos oír, sino aceptar lo que recibimos de quienes tienen ese conocimiento. Después de todo no dejamos de ser alumnos en la escuela de la vida, y en ciencia las discusiones con los expertos

deben hacerse si tenemos el conocimiento y pruebas suficientes y sólidas para hacerlo. De lo contrario, hay que ser serios y aceptar las conclusiones que dan los expertos. El argumento de "usted se equivoca, porque en google pone que..." no sirve en ciencia.

Así que, por favor, cuando pasen por una situación así, no agobien ni juzguen a quienes saben lo que hacen. Sean autocríticos y aprendan a aceptar un no, porque es lo que más veces van a recibir en este camino de la búsqueda de meteoritos. Y si tienen interés, disfruten de la variada y extensa bibliografía de papers que existen sobre ellos. Es realmente rica, y analiza muestras que, si se toman la molestia en leer, verán que jamás van a encontrar dos idénticas. Así que si para la ciencia las cosas son así, ¿por qué iban a ser diferentes para nosotros?

No teman ir al médico para que les diga lo que encuentran. No teman

enviar sus muestras al laboratorio, y aceptar las conclusiones o dirimirlas con más análisis, pero siempre en la misma vía, análisis, no argumentos de Google.

Después de todo, el auténtico coleccionista construye su valiosa colección a base de paciencia, aprendizaje, confianza total en la ciencia, y armándose de una estoica paciencia cuando el resultado esperado del análisis de una muestra no es el esperado. Quizás la próxima vez haya más suerte, y si no, disfruten del gusanillo que se siente en la espera de los resultados, con la certeza de que sabrán la verdad. Tal vez algún día, cuando menos lo esperen, la sorpresa sea mayúscula, y sus nombres aparezcan en The Meteoritical Bulletin como poseedores de una masa principal de especial interés para la ciencia. Y entonces sí, solo entonces, serán conscientes del valor de los meteoritos, y de que verdaderamente toda la espera, los nervios, incluso las decepciones, han valido la pena.

LABORATORIO DE PETROGRAFÍA

Análisis
Certificación
Clasificación
de muestras
sospechosas
de ser
meteoritos

www.geocoleccion.com/laboratorio

BLOB

Ya tenemos disponibles ejemplares
de la criatura BLOB, nuevo
inquilino de la Estación Espacial
Internacional. No te quedes sin él.

Más info; meteoritoscanarias@gmail.com

Meteoritos

VISITA LA NUEVA WEB DE LA REVISTA



WWW.REVISTAMETEORITOS.ES

¿Aún no conoces nuestro canal en YouTube?



Canal: RevistaMETEORITOS

Ciencia



Laboratorio



Meteoritos



LABORATORIO
PETROGRÁFICO
'METEORITES LAB'

Apdo. Correos 3
35260 Agüimes
LAS PALMAS
ESPAÑA



Foto; Mien Impactita