

UN GALOPE DE LUZ CRUZANDO EL CIELO AUSTRAL

EL METEORITO CÁPERR

Una guanaca resplandeciente irrumpiendo en carrera a través del cielo e impactando profundamente en el espíritu *aonikenk*. Un meteorito metálico que cayó en la Patagonia envuelto en leyendas.

Isabel Giraud de Lucio

ASTRONOMÍA

Cuando en 1869 el explorador británico George Musters recorrió la Patagonia acompañando a un grupo de nativos *aonikenk*, al atravesar un sitio cuyo nombre transcribe como "Yaiken Kaimak", ellos le refirieron que, a unas leguas al este de ese lugar, en medio de un llano desierto, había una masa de hierro que era considerada sagrada, objeto de su veneración y respeto. En su relato Musters interpreta que, según la descripción que le hacen sus informantes, esa masa metálica podía ser un meteorito.

Investigadores que posteriormente tuvieron contacto con miembros de esa comunidad, que guardaban memoria de los mitos ancestrales de su cultura, como Federico Escalada, y Mario Echeverría Baleta, refieren que ese meteorito se encontraba en un paraje al que llamaban Cáper, o Cáper Aike, y que era considerado como la corporización de un ser femenino sobrenatural, proveniente del comienzo de los tiempos, que cruzó los cielos en rauda carrera bajo la forma de una reluciente guanaca blanca, seguida por su pequeño hijo, tan blanco y resplandeciente como ella. El relato agregaba que el pequeño guanaquito cayó en una laguna y se hundió rápidamente en ella, ante los ojos de su desesperada madre, que no pudo rescatarlo. Así, en el dolor y la angustia por la pérdida de su hijo, ese ser sobrenatural, al que llamaban Taamta, entonó un cántico desgarrador en tanto se convertía en la masa

metálica del meteorito. Ese mágico lamento reiteraba "hierro de mi sangre, hierro de mi ser". Los nativos consideraban que Taamta, a quien evocaban con emoción entonando ese canto, era su antepasado remoto, hierro celestial que vibraba en sus venas, configuración de una identidad colectiva de fortaleza, resistencia, raigambre telúrica y procedencia estelar. Mítica conjunción de cielo y tierra, hierro y estirpe, sangre primigenia y fuerza ancestral.

Leyendo detrás de la niebla poética del mito, podemos intuir que los antepasados de los informantes presenciaron la caída del meteorito, y encontraron expresión para la luminosidad del bólido en la figura de una resplandeciente guanaca, al tiempo que tradujeron la velocidad de su pasaje por la atmósfera en una rauda carrera. También, que el probable fraccionamiento en un fragmento mayor y otro menor, se reflejó en la vinculación genética entre madre e hijo, y que la desaparición del fragmento menor en una laguna, se expresó en la pérdida irreparable y el dolor. Y, finalmente, que la masa de hierro dio soporte emblemático a la fortaleza de un pueblo que, como el metal, se asumía de una estirpe capaz de sobrevivir a las inclemencias del clima patagónico.

Sobreviviendo a catástrofes

Cáper es un meteorito formado casi exclusivamente por metales, principalmente hierro y níquel. Los meteoritos metálicos, llamados también sideritos, son fragmentos desprendidos de asteroides metálicos, procedentes, a su vez, de núcleos remanentes de protoplanetas formados muy tempranamente en el Sistema Solar interno, en donde hoy orbitan los planetas rocosos.

A pocas unidades astronómicas (ver Glosario) del Sol, y a menos de un millón de años del comienzo del Sistema Solar, los cuerpos orbitantes que concentraron materia sólida alcanzando tamaños de decenas a cientos de kilómetros de diámetro, adquirieron altas temperaturas como consecuencia de la desintegración de elementos radiactivos de corta vida (ver Glosario), como el ^{26}Al y el ^{60}Fe .

Palabras clave: *aonikenk*, mito, octaedrita, siderito, Taamta.

Isabel Giraud de Lucio¹

Licenciada en Filosofía y en Geología
pedrasdepatagonia@gmail.com

¹ Museo de Piedras Patagónicas. Mallín Ahogado, Ruta Provincial 86, El Bolsón, Río Negro.

2

Recibido: 18/09/2022. Aceptado: 20/03/2023.

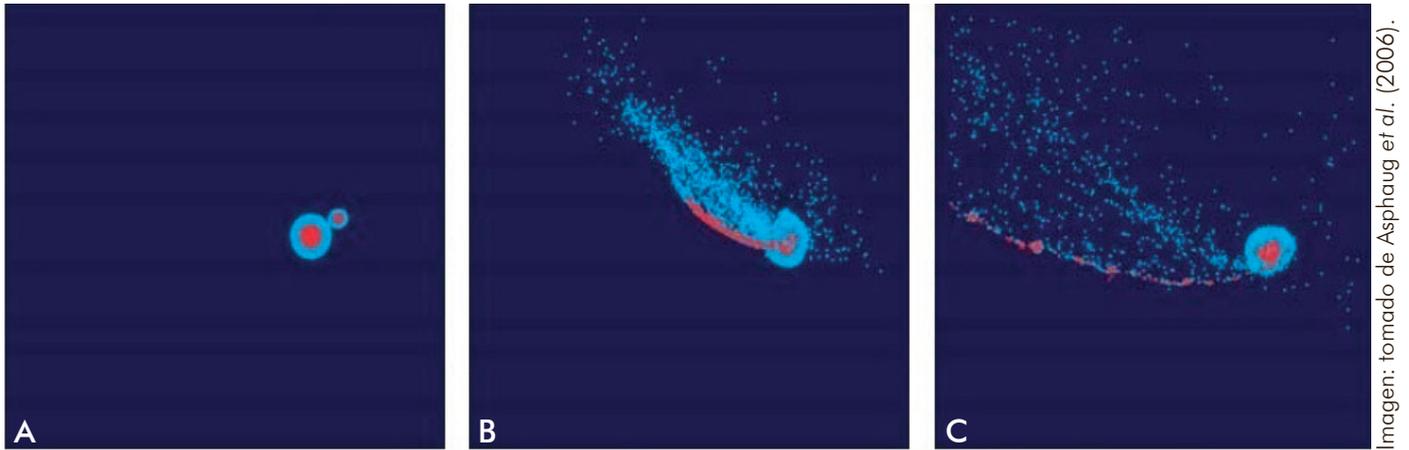


Imagen: tomado de Asphaug et al. (2006).

Figura 1. Modelo de colisión entre embriones planetarios que termina en desintegración catastrófica. Los embriones planetarios están diferenciados en un manto (cubierta externa, en celeste) y un núcleo metálico (centro interno, en rojo). Las velocidades del impacto son las típicas de las de formación de los planetas terrestres. La masa del cuerpo impactado es un décimo de la masa de la Tierra actual y la del cuerpo impactante un décimo de la del cuerpo impactado. A) Antes, B) durante, y C) tres horas después de la colisión. Como resultado, el núcleo del cuerpo impactante queda reducido a una sarta de pequeños cuerpos metálicos, en tanto que la mayor parte del manto se disgrega.

Al alcanzar temperaturas cercanas a los 1.000°C , se habrían comenzado a fundir metales asociados a sulfuros, y esos fundidos se habrían abierto paso hacia la parte más interna, arrastrados por la gravedad, dada su mayor densidad. Con un posterior incremento de la temperatura, también se habrían fundido silicatos (ver Glosario). En los cuerpos que alcanzaron un grado de fusión generalizada, a unos 1.700°C , se habría producido la completa diferenciación por gravedad, dando lugar a la estructuración en capas, propia de los planetas rocosos similares a la Tierra. Estos planetas constan de un núcleo central formado mayormente por metales (con densidades cercanas a los $7,8 \text{ g/cm}^3$), un manto que lo envuelve, compuesto por silicatos densos (con densidades entre $3,3$ y $4,3 \text{ g/cm}^3$), y una corteza externa formada por silicatos menos densos (con densidades cercanas a los 3 g/cm^3 , o aún menores).

En tanto las órbitas de esos cuerpos protoplanetarios, o "embriones planetarios" no eran todavía estables, las colisiones entre ellos debieron ser muy frecuentes. Algunas de esas colisiones, consideradas "exitosas", terminaron formando los grandes planetas, en tanto cuerpos mayores fueron adicionando a sus masas cuerpos menores. Otras, sin embargo, debieron concluir en desintegraciones catastróficas, en las que la mayor parte del manto se habría desmembrado en innumerables fragmentos permaneciendo sólo el núcleo más o menos íntegro, o en forma de grandes trozos, por la mayor cohesión de la masa metálica.

Los modelos matemáticos sugieren que las colisiones exitosas que permitieron formar planetas y asteroides diferenciados fueron la excepción, en tanto que la regla fue la desintegración catastrófica (ver Figura 1). Los remanentes metálicos de esas colisiones catastróficas son los asteroides metálicos que hoy orbitan en el

cinturón principal, y algunos que, desestabilizados posteriormente por la interacción gravitacional con el planeta Júpiter, adquirieron órbitas altamente anómalas que pueden interceptar a la de la Tierra y eventualmente colisionar con su superficie como meteoritos.

Geometrías siderales

En el meteorito Cáper, el porcentaje de hierro es casi del 90%, y el de níquel, de un 9%. Hay también un 0,5% de cobalto y pequeños porcentajes de fósforo, iridio y otros elementos metálicos y no metálicos. Los metales mayoritarios, hierro y níquel, se encuentran en forma de cristales de kamacita y taenita, dos aleaciones naturales. Hay también, en cantidades muy menores, otra aleación de esos mismos, plessita. El níquel y el hierro son átomos bastante similares en cuanto a estructura atómica y tamaño (ver Figura 2). Cuando estos metales cristalizan, lo hacen con parámetros de simetría cúbica, aunque difieren un poco en la disposición de sus redes cristalinas elementales (ver Figura 3). Mientras que el níquel forma cristales acomodando sus átomos en redes espaciales de simetría centrada en las caras del cubo, el hierro lo

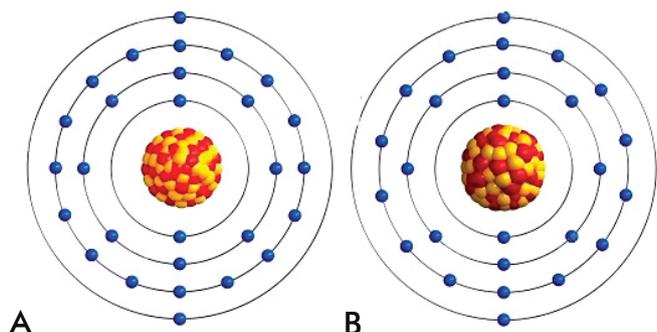


Figura 2. A) Átomo de níquel, constituido por 28 protones, 31 neutrones y 28 electrones. B) Átomo de hierro, constituido por 26 protones, 30 neutrones y 26 electrones.

3

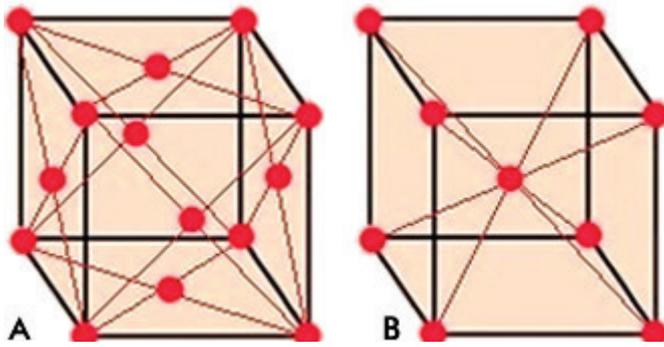


Figura 3. A) Estructura cristalina del níquel. Se puede observar la simetría cúbica centrada en las caras. B) Estructura cristalina del hierro, con simetría cúbica centrada en el cuerpo.

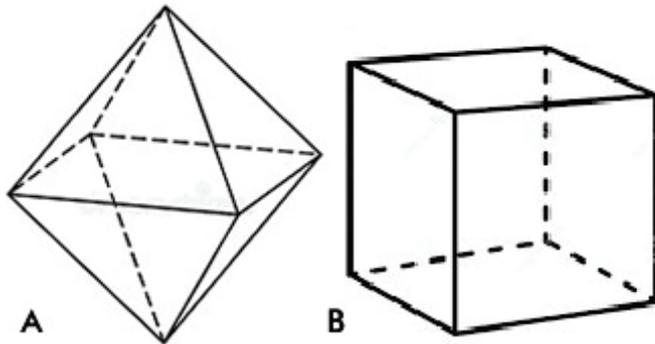


Figura 4. A) El octaedro es un cuerpo geométrico delimitado por ocho caras congruentes en forma de triángulos equiláteros. B) El cubo o hexaedro es un cuerpo geométrico delimitado por seis caras cuadradas congruentes.

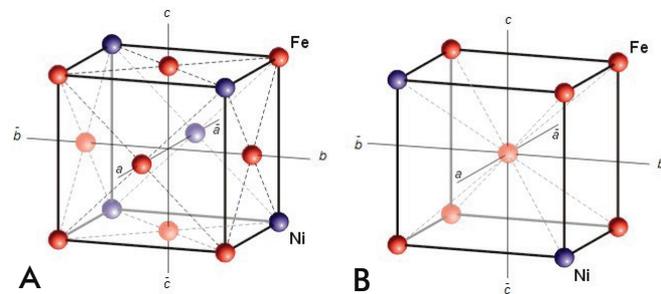


Figura 5. Estructura cristalina de A) la taenita, con simetría cúbica centrada en las caras y B) la kamacita, con simetría cúbica centrada en el cuerpo. Las esferas rojas representan los átomos de hierro y las azules los átomos de níquel.

hace en redes espaciales de simetría centradas en el cuerpo cúbico. Por esta configuración de sus estructuras cristalinas, el níquel forma cristales octaédricos, en tanto el hierro forma cristales hexaédricos o cúbicos (ver Figura 4).

En un fundido metálico de hierro y níquel, en el interior de un cuerpo protoplanetario, a medida que la temperatura comienza a descender, la primera en cristalizar es la fase taenita, la más rica en níquel (con un 27% a un 65% de este elemento), que forma cristales octaédricos (como los cristales de níquel). Luego, en tanto la temperatura sigue descendiendo, en tiempos que se miden en cientos de miles a millones de años,

empieza a desarrollarse la fase kamacita (con un 5% a un 7,5% de níquel, en núcleos de cristales intercrecidos con taenita). La kamacita, que cristaliza formando hexaedros o cubos (como el hierro), debe adaptar la distribución espacial de sus átomos a la disposición de la estructura octaédrica (ver Figura 5). La diferente estructuración cristalográfica de las dos fases hace que la kamacita se disponga como delgadas laminillas orientadas sobre las caras octaédricas de la taenita (ver Figura 6).

Cuando el porcentaje total de níquel presente en el fundido no excede el 6% o 7%, pasa a imponerse el patrón de cristalización hexaédrico de la kamacita, y los meteoritos metálicos así formados se denominan "hexaedritas". Pero cuando el porcentaje de níquel del fundido sobrepasa ese valor, el patrón general termina por ser octaédrico, como el de la taenita, y los meteoritos metálicos que conservan esta estructura se denominan "octaedritas". En ellas, como Cáper, la presencia de kamacita se manifiesta en delgadas laminillas intercaladas en la superficie de los cristales octaédricos de taenita. Esta yuxtaposición produce un particular diseño conocido como "patrón de Widmanstätten", nombrado así en homenaje a uno de sus descubridores (ver Figura 7). Este singular arreglo espacial se visualiza como un patrón geométrico que varía según la posición del plano en que se corta el meteorito, ya sea si es paralelo a las caras cristalinas del octaedro, o bien si las intercepta con diferentes ángulos (ver Figura 8). En la octaedrita Cáper, según se menciona en el Manual de Meteoritos Metálicos (*Handbook of Iron Meteorites*), las bandas de kamacita tienen un grosor de un milímetro (ver Figura 9).

Trazas indicadoras

Cáper fue el primer meteorito de la Patagonia en ser estudiado. En un trabajo realizado por Lazarus Fletcher, y publicado en Londres en 1899, se resalta su composición mayoritaria de kamacita y taenita, y su estructura octaédrica, visualizada en el patrón de Widmanstätten. Se menciona asimismo la presencia de inclusiones de schreibersita, (un fosfuro de hierro y níquel), un mineral rara vez hallado en rocas terrestres, aunque también encontrado en ocasiones en otros meteoritos metálicos, como en el conocido meteorito argentino de Campo del Cielo.

Hacia fines del siglo XIX, los meteoritos metálicos eran clasificados en función de su composición en elementos mayoritarios, hierro y níquel, y por su estructura interna, octaédrica o hexaédrica, y si no se hallaba estructura visible, se los denominaba "ataxitas" (ver Glosario). También se analizaba la presencia de fosfuros, sulfuros y/o carburos (ver Glosario). Pero, a partir de 1950, cobró fuerza la idea de que los llamados "elementos traza", elementos que se encuentran en muy bajas concentraciones y que normalmente se miden en partes

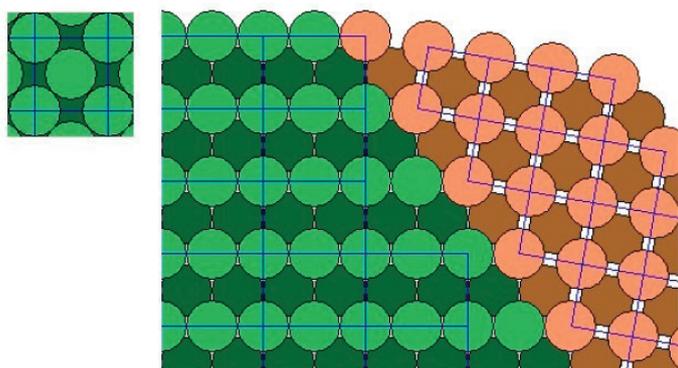


Figura 7. Estructura de Widmanstätten en la superficie de un meteorito metálico.

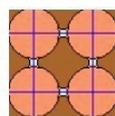


Figura 6. Esquema que grafica cómo se intercrecen taenita (izquierda, redes espaciales cúbicas centradas en las caras) y kamacita (derecha, redes espaciales cúbicas centradas en el cuerpo).

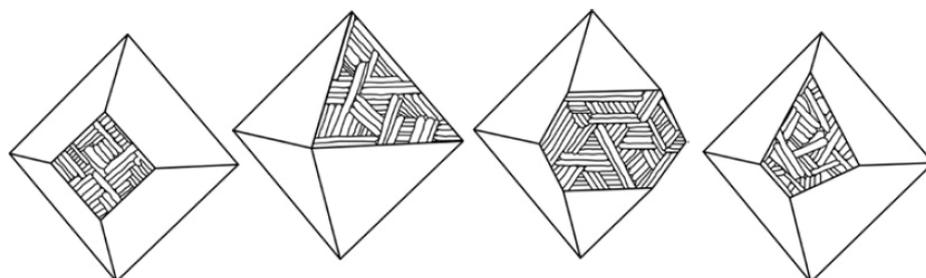


Figura 8. Según la dirección del plano de corte, el diseño de Widmanstätten adquiere diferentes perspectivas. A la izquierda se muestra un esquema para un corte en dos direcciones, las dos figuras centrales, para tres direcciones y a la derecha, para cuatro direcciones.

por millón, pudieron haber tenido una distribución no homogénea en la nebulosa protosolar, esa nube de polvo y gas en cuyo centro se condensaba el protosol y en cuya periferia se formaban los protoplanetas. Varias líneas de investigación conducían a la idea de que algunos procesos acaecidos en la nebulosa temprana habrían producido el fraccionamiento de los elementos traza, en especial, los más volátiles, dando por resultado distintas concentraciones en diferentes regiones de la nebulosa.

Por otra parte, en los procesos de fusión, los elementos adquieren gran movilidad, y tienden a distribuirse en proporciones idénticas en todo el fundido. Y en tanto se considera que los meteoritos metálicos provienen de cuerpos que pasaron por procesos de fusión generalizada, resulta coherente suponer que meteoritos provenientes de un mismo cuerpo de origen deberían tener idénticas proporciones de elementos traza. De este modo, se postuló que, si en el análisis de las proporciones de elementos traza en los distintos meteoritos metálicos se detectaban variaciones, estos datos podrían ser indicadores de diferentes lugares de formación dentro de la nebulosa, y, a la inversa, idénticas proporciones de estos elementos estarían denotando un único cuerpo

de procedencia, o, al menos, un lugar de formación muy cercano dentro de la nebulosa. A partir de esta hipótesis se comenzaron a estudiar las proporciones de galio (Ga) y germanio (Ge), por ser elementos traza relativamente volátiles, y que, en condiciones de fusión, migran junto al hierro.

En función de las proporciones de estos elementos, se distinguieron cuatro grupos de meteoritos metálicos, que fueron designados con los números romanos del I al IV. Las proporciones entre miembros de un mismo grupo exhibían diferencias no mayores a dos veces y media entre sí, en tanto que los diferentes grupos presentaban diferencias entre mil y diez mil veces unos de otros.

Más tarde, con el perfeccionamiento de las técnicas de análisis, se profundizó la investigación de otros elementos traza tales como iridio (Ir), cromo (Cr), cobalto (Co), cobre (Cu), arsénico (As), antimonio (Sb), wolframio (W), renio (Re), platino (Pt) y oro (Au). Como resultado se obtuvo una caracterización más precisa, y los cuatro grupos originales fueron reordenados en nuevos grupos, a los que se denominó conservando el número romano inicial, y agregando una o dos letras mayúsculas, de la A a la G. Con esta redefinición, al presente se reconocen 14 grupos diferentes de

meteoritos metálicos, y se entiende que los miembros de cada grupo proceden de un mismo cuerpo asteroidal de origen. Por su composición en cuanto a elementos mayoritarios y elementos traza, a Cáperri se lo incluye en el grupo más grande, clasificado como IIIAB, con unos 230 miembros.

Modelado atmosférico

El meteorito Cáperri tiene un peso de unos 113 kg, sus dimensiones son 46 cm de largo, 32 cm de ancho, y 25 cm de altura, y su superficie está moldeada por regmagliptos. Los regmagliptos son relieves negativos suavemente cóncavos que se asemejan a la impresión de pulgares sobre una masa de plastilina, producidos por ablación térmica durante la caída de un meteorito.

Durante el pasaje por la atmósfera, debido a las grandes velocidades en las que se desplaza un cuerpo procedente del espacio exterior que ingresa en la atmósfera, el aire ofrece una resistencia enorme y la fricción hace que la superficie del cuerpo meteórico se caliente hasta miles de grados y comience a brillar. Las corrientes de aire con las que choca van arrancando sustancias volatilizadas por las altas temperaturas, diseminándolas en forma de vapores y diminutas gotas, y las huellas de esa extracción de materiales quedan marcadas como esas concavidades definidas como regmagliptos (ver Figura 9). Además, en el interior de

algunas de ellas, quedaron preservados restos de costra de fusión. Cuando el cuerpo en caída alcanza las capas inferiores de la atmósfera, en tanto disminuyen la velocidad y el calor por la mayor resistencia del aire, en la superficie de la masa que sobrevivió a la ablación térmica, pueden quedar restos de sustancias que alcanzaron puntos de fusión pero que no llegaron a volatilizarse. Estas sustancias quedan retenidas como una capa oscura y en parte vidriosa de unos 0,3 a 1 mm de grosor, que se denomina costra de fusión.

A la búsqueda del meteorito

Al publicarse el escrito del viajero Musters, Francisco P. Moreno, fundador y director del Museo de Ciencias Naturales de La Plata, tomó conocimiento de la existencia de ese meteorito, y se propuso conseguirlo para el Museo. Y según relata en su reporte de una "excursión a los territorios del Neuquén, Río Negro, Chubut y Santa Cruz" realizada en 1896, después de alcanzar el lago Buenos Aires, ya de regreso, y al cabo de atravesar la confluencia del río Chalia con el río Mayo, logró llegar hasta el sitio en el que se encontraba el meteorito Cáperri, con la intención de examinarlo y recogerlo (ver Figura 10). Moreno no logró llevárselo en esa ocasión, pero, a su regreso, encomendó a uno de sus colaboradores, Julio G. Koslowsky, la tarea de conseguirlo.



Figura 9. Regmagliptos en el meteorito Cáperri.

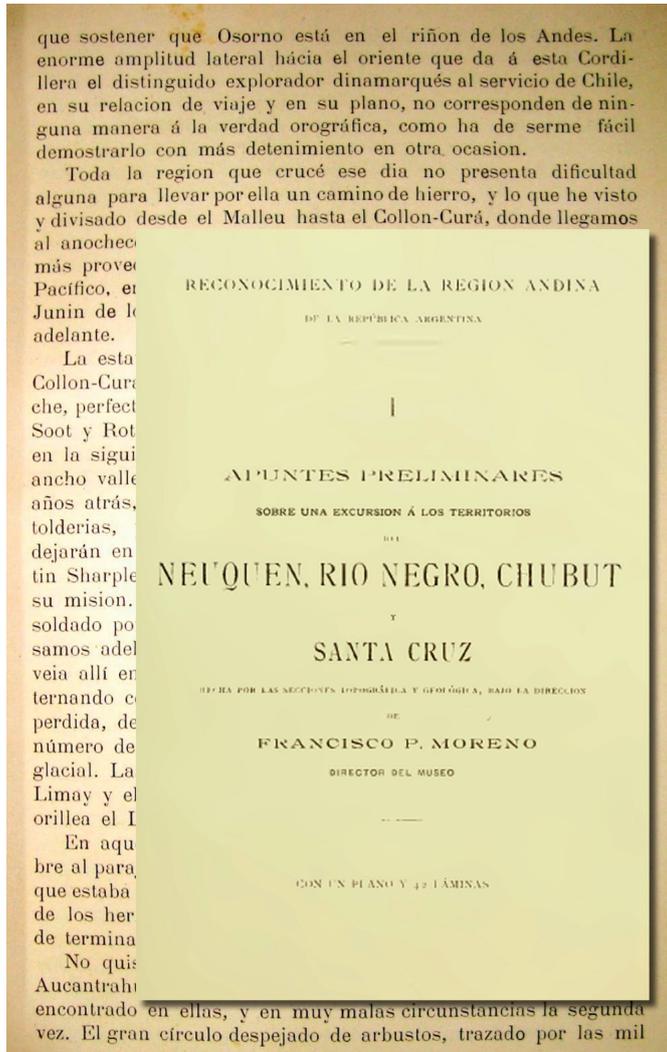


Figura 10. Apuntes preliminares sobre una excursión a los territorios del Neuquén, Río Negro, Chubut y Santa Cruz, del perito Francisco P. Moreno, de 1897.

que sostener que Osorno está en el riñon de los Andes. La enorme amplitud lateral hacía el oriente que da a esta Cordillera el distinguido explorador dinamarqués al servicio de Chile, en su relación de viaje y en su plano, no corresponden de ninguna manera a la verdad orográfica, como ha de serme fácil demostrarlo con más detenimiento en otra ocasión.

Toda la región que crucé ese día no presenta dificultad alguna para llevar por ella un camino de hierro, y lo que he visto y divisado desde el Malleu hasta el Collon-Curá, donde llegamos al anochecer, más provechoso que el que se ha trazado al Pacífico, en el mes de Junio de este año.

La estación de Collon-Curá, que he visitado, es perfecta. Soot y Rot, en la siguiente estación, en el ancho valle de los Andes, en los años atrás, se toleraban, pero se dejarán en el tiempo. Sharples, un soldado por su misión, se fue adelante con nosotros, y se veía allí en el terreno, perdiendo el número de glaciales. La Limay y el orillea el I.

En aquél tiempo, al para que estaba de los her de termina. No quis Aucantrahí encontrado en ellas, y en muy malas circunstancias la segunda vez. El gran círculo despejado de arbustos, trazado por las mil

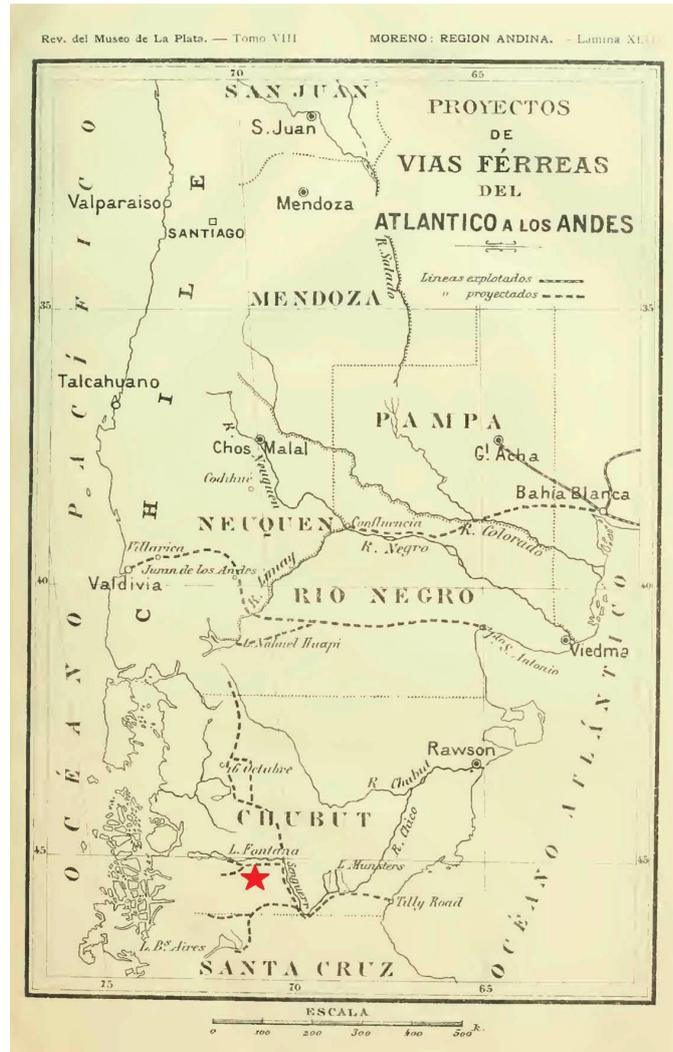


Figura 11. Ubicación del lugar de caída del meteorito Cáperr, en el mapa que utilizaba Moreno (estrella), 45°18' - 70°12' W (Escalada, 1949).

a un nativo llamado Chaiuy, quien, a cambio de esa suma, le señaló el lugar exacto en el que se encontraba el meteorito, lugar al que el mismo Koslowsky referencia como "una pampa, entre el río Senguerr y la meseta de Kantaush". El dolor y la furia cundió entre los nativos cuando angustiosamente tomaron conciencia de que Koslowsky y su compañero, Teodoro Arneberg, se habían llevado el meteorito. Casi matan a Chaiuy y lo cubrieron de maldiciones e imprecaciones, lo que lo llevó a enloquecer y a vagar en soledad y delirio, y a morir al poco tiempo, despeñado por un barranco. El daño era ya irreparable.

Cáperr, un objeto histórico

Desde 1896 el meteorito Cáperr forma parte de las colecciones del Museo de Ciencias Naturales de La Plata. Hoy su masa principal se encuentra exhibida en una sala introductoria al recorrido del Museo. En esa sala, junto a la recreación de un gabinete de trabajo

característico del siglo XIX, Cáperr se exhibe entre los considerados objetos históricos del Museo, y se lo consigna como donación de su fundador, el perito Francisco P. Moreno.

En enero de 1899, Moreno viajó a Londres en representación del Gobierno Argentino a presentar un informe geográfico a la comisión designada para establecer un arbitraje sobre los límites de Argentina y Chile. En esa oportunidad llevó consigo una réplica del meteorito y un pequeño fragmento de 78 g extraído por él de un extremo de la masa original, y presentó las piezas al Museo Británico para su examinación y análisis. Un primer informe de ese análisis fue reportado por Fletcher, en ese mismo año, y publicado en *Mineralogical Magazine*, donde se lo menciona como el primer meteorito hallado en la Patagonia, siendo esa latitud la más austral registrada hasta ese momento para un meteorito metálico. En el registro internacional de meteoritos metálicos, además de la masa principal presente en el Museo de la Plata, se consigna la existencia de pequeños fragmentos del meteorito Cáperr en otros museos, en el de Chicago, de 370 g, en el de Londres de 270 g, y en los de París, de Washington y del Vaticano, otros fragmentos menores. Presencias y ausencias. Hoy el meteorito Cáperr está preservado. Su leyenda, en cambio, parece desvanecerse en la bruma de los tiempos.

Resumen

El meteorito metálico Cáperr cayó en tiempos prehistóricos en la provincia de Chubut, y su caída fue presenciada por nativos *aonikenk*. Ellos lo preservaron con veneración y relataron su caída a través de un mito, modelado con dimensiones poéticas, simbólicas y antropogónicas. Los meteoritos metálicos son remanentes de núcleos de protoplanetas que se formaron y desintegraron en el Sistema Solar temprano. Su composición y estructura interna son de enorme interés para la ciencia planetaria. Desde 1896, el meteorito Cáperr forma parte de las colecciones del Museo de Ciencias Naturales de La Plata, por decisión de su director y fundador, el perito Francisco P. Moreno.

Glosario

Ataxita: el término significa "sin estructura", y se lo utiliza para designar a los meteoritos metálicos en los que no hay una estructura visible, hexaédrica u octaédrica. Aunque la denominación se sigue utilizando, al presente resulta algo inapropiada, porque en microscopios de alta resolución sí se pone en evidencia una estructura cristalina.

Elementos radiactivos de corta vida: Se los denomina de "corta vida" porque su período de semidesintegración es de menos de un millón de años a pocos millones de años, esto es, en comparación con los isótopos radiactivos más conocidos, como uranio (U) y torio (Th), que tienen períodos de semidesintegración de cientos de miles a miles de millones de años. La emisión radiactiva siempre va acompañada por la emisión de calor.

Fosfuros, sulfuros, carburos: Compuestos de fósforo, azufre y carbono, respectivamente, con otros elementos, sin presencia de oxígeno ni hidrógeno.

Silicatos: Compuestos de silicio y oxígeno, o de silicio y oxígeno más otros elementos. Los silicatos son los minerales más comunes formadores de rocas.

Unidad astronómica: Unidad de longitud que equivale a la distancia media entre la Tierra y el Sol, y equivale a unos 150 millones de kilómetros.

Para ampliar este tema

- Buchwald, V. F. (1975). *Handbook of Iron Meteorites*. (Vol. 2 "Caperr", pp. 409). University of California Press.
- Echeverría Baleta, M. (1993). *Taamta. Leyenda del Meteorito*. Cuadernillos de Leyendas Tehuelches. Santa Cruz: Río Gallegos.
- Escalada, F. A. (1949). *El Complejo Tehuelche: Estudios de Etnografía Patagónica*. Buenos Aires: Instituto Superior de Estudios Patagónicos.
- Fletcher, L. (1899). On a mass of meteoric iron from the neighbourhood of Caperr, Rio Senguerr, Patagonia. *Mineralogical Magazine*, 12(56): 167-170.
- Giraud de Lucio, I. (2022). *Meteoritos: Un resplandor que ilumina el pasado remoto de nuestro Sistema Solar y de nuestro Planeta*. Buenos Aires: Imaginante.