



ASOCIACION CHAQUEÑA DE ASTRONOMIA

**ANALISIS QUIMICOS Y MECANICOS
ACTUALIZADOS A LOS METEORITOS
DE CAMPO DEL CIELO
(Chaco y Santiago del Estero)**

Tec. Mario A. Vesconi

MARZO de 1993

INTRODUCCION

Hemos considerado útil generar una reseña y actualización sobre las características mecánicas, químicas y metalográficas de las piezas meteoríticas de Campo del Cielo, debido a una practica inexistencia de trabajos que aborden el tema, y por considerar al mismo, de gran importancia para el conocimiento cabal de este tipo de fenómenos naturales.

Es hoy mas conocido, ciertamente por las polémicas desatadas en su entorno (robos, intentos, ventas “justificadas”, etc) y no por un hábil accionar de divulgación científico-cultural de los organismos competentes, el tema de la lluvia siderítica del S.O. chaqueño. Solo a modo de referencia van algunas características sobre ella:

EDAD APROX. DE LA OCURRENCIA:	4000 años +-80.
PROVINCIAS AFECTADAS:	Chaco y Santiago del Estero.
DEPARTAMENTOS AFECTADOS:	12 de Octubre, Sta. Maria de Oro y Chacabuco (Chaco).
AREA APROX. DE IMPACTOS:	2400 km cuadrados.
CRATERES ESTUDIADOS:	26, al 27-07-91 (en forma oficial).
TIPOS DETECTADOS:	De impacto y rebote, explosión y cono de penetración.
METEORITOS TIPO:	Sideritos Clase Hexaedrita.

SOBRE OTRAS INVESTIGACIONES

Desde hace 417 años se vienen sucediendo expediciones de diversos tipos a la zona de Campo del Cielo, en el transcurso de las cuales se fueron dando lentamente avances en lo científico-tecnológico de las observaciones efectuadas a los objetos hallados, pasando de narraciones que no zafan de su alto contenido fabular (atribuible a la falta de tecnologías y conocimiento de la época para explicar los hechos), a observaciones y experiencias bastante esclarecedoras, aunque no del todo convincentes por cuanto no fueron concluidas.

Vale aquí mencionar algunas de las principales conclusiones de quienes abordaron la investigación de las propiedades inherentes a los sideritos de Campo del Cielo:

HOWARD

- EDUARDO HOWARD , "Experimentos y observaciones sobre ciertas piedras y sustancias metálicas, que en varias ocasiones han caído a la tierra, y sobre varias clases de fierro nativo, leída en la Sociedad Real de Londres el 25 de Febrero de 1802" (fue el primero en realizar análisis químicos a las piezas de Campo del Cielo).

En su descripción dice: "La capa negra que tienen, se compone de hierro y níquel, parte metálico y parte oxidado.

Las piritas se componen de hierro, níquel y azufre, los granos metálicos, son hierro combinado con 1/3 de su peso de níquel, y ciertos globulitos amarillos, son una mezcla de sílice, magnesia, hierro y níquel. De su análisis se desprendió un 62% de Fe y 7,5% de Ni.

Estos análisis fueron confirmados por Vauquelin, Klaproth y Thenard; contemporáneos de Howard.

SJÖSTRÖN

- SJÖSTRÖN, " Análisis químico al meteorito hallado por Jerónimo Castellanos y Diego Bravo de Rueda en Runa Pocito (Zona de Campo del Cielo) Año 1898".

Halló: Fe 94,25% , Ni 5,11% , Co 0,57% , Cu 0,03% , Cr 0,03% , P 0,18% , S 0,05% y vestigios de Cl.

Contiene nódulos de grafito y troilita. Peso específico= 7,7679. No encuentra Si.

CORTI

- HERCULES CORTI, por encargo de JUAN JOSE NAGERA a la Oficina de Química del Ministerio de Agricultura. Año 1925.

Halló: Fe 75,25% , Ni 12,70% , Co 0,70%. Humedad: 4,5. No contiene Cu, Zn, Mn.

Las muestras fueron obtenidas por J. J. Nágera en su expedición científica a la zona de Campo del Cielo en el año antes mencionado.

DUCLOUX

- ENRIQUE HERRERO DUCLOUX, "Datos químicos sobre el meteorito El Toba, como perteneciente al grupo meteórico de Campo del Cielo". Buenos Aires 1925.

Aún con las limitaciones tecnológicas de aquel momento, es este, el estudio más completo sobre características químicas que se haya efectuado sobre muestras de Campo del Cielo.

Sobre tres muestras diferentes obtuvo los sig. resultados:

DENSIDAD	7,891	7,910	7,990
Fe	92,88	93,10	93,94
Ni	5,40	5,87	5,75
Co	0,48	0,44	0,57
C	V	0	V
Sn	0,02	0,04	0,05
S	V	0,17	0,16
P	0,15	0,24	0,26
Mn	0,05	0,06	0,06
Residuo silícico	0,28	0,37	0

Los valores son porcentuales

Halló Iridio, Rutenio y Osmio. Aseguró la ausencia de Platino, Paladio y Sodio. No halló figuras de WIDMANTÄTTEN. Halló líneas de clivaje (de Neuman).

Acerca de la costra de los sideritos dice: " Presenta una superficie ocrásea por alteración en el suelo húmedo, una zona limonítica agrietada poco profundamente y concrecionada, pasando a los pocos milímetros a una camada fina de regular laminación, producida probablemente por la gran presión desarrollada contra la atmosfera durante la caída, y que después se a limonitizado en parte transformandose el resto en magnetita .., en dirección al núcleo de hierro, se halla un mineral más compacto de estructura fragmentaria, que solo a gran presión se divide en fragmentos angulosos".

Del análisis de la costra se desprende:

Densidad	3,467	Pérdida al rojo	9,540
Si O2	12,522	SO3	vest.
TiO2	vest.	Fe2O3	64,599
Al2 O3	0,565	Ni O	3,121
Co O	vest.	Mn O	0,027
Ca O	0,905	Mg O	8,758
K2 O	0,070	Na2 O	vest.

SOBRE LAS MAS RECIENTES INVESTIGACIONES

Durante los últimos 68 años ha sido muy poco lo que se ha aportado en lo que respecta al conocimiento de las características de los meteoritos del S.O. Chaqueño, como se puede notar, se obvió por completo el estudio estrictamente mecánico de las muestras, siendo que, como veremos mas adelante, estos aportan importantes datos que permiten una visión mas profunda del tema.

Creemos, llegado este punto, necesario comentar que en el año 1965, el Geólogo William Cassidy publicó su primer informe sobre estudios a los cráteres y meteoritos de Campo del Cielo, en el cual mostró microfotografías de algunas muestras y realizó comentarios sobre las características de las mismas, sin que esto represente un importante aporte a lo ya conocido debido a la poca profundidad dada a esta parte de la investigación por su autor. Sin duda es aquí donde se detecta un grueso error en el trabajo bilateral efectuado en Campo del Cielo durante varios años por La Universidad de Pittsburgh (U.S.A.) y La U.N.N.E mediante sus respectivos representantes, del cual surgió solamente la casi cómica (por verlo de la manera menos estricta posible) publicación de dos monografías de escasa información técnica que tuvieron que bastar para llenar las arcas del conocimiento regional sobre este raro fenómeno (se destaca el relevamiento del Prof. Romaña).

Corresponde también aquí, mencionar que los estudios antes citados, fueron de gran nivel y relevancia y que el hecho de no tener un mayor acceso a ellos significó una gran pérdida de conocimientos sobre el tema.

Antes de retomar el curso de este informe, vale decir que no se pretende con el, elevar juicios, más si analizar y divulgar en forma objetiva lo hecho hasta hoy sobre el tema que nos preocupa.

Probablemente los últimos estudios que se practicaron a los sideritos de Campo del Cielo, fueron los efectuados en el mes de marzo de 1989 en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la E.N.E.T Nro.1, por el autor de estas paginas. Los ensayos fueron, por primera vez, inherentes a las características mecánicas de las piezas; efectuandose pruebas de Dureza y Resistencia a la Tracción, cuyos resultados serán expuestos luego de brindar el más reciente análisis químico efectuado a las muestras por la fabrica metalúrgica T.A.M.E.T. por encargo de la A.Ch.A.A.

ANALISIS QUIMICO REALIZADO EN EL AÑO 1989.

HIERRO (Fe)	92,70 %	NIQUEL (Ni)	6,15 %
COBALTO (Co)	0,42 %	CARBONO (C)	0,37 %
FOSFORO (P)	0,28 %	WOLFRAMIO (W)	0,023 %
SILICIO (Si)	0,02 %	CROMO (Cr)	0,01 %
COBRE (Cu)	0,01 %	TITANIO (Ti)	0,007 %
ARSENICO (As)	0,001 %	VANADIO (V)	0,001 %
ESTAÑO (Sn)	0,001 %	MOLIBDENO (Mo)	0,001 %

CLASIFICACION

Los Sideritos (meteoritos de fase metálica) se clasifican según su estructura y contenido de níquel, en HEXAEDRITAS, OCTAEDRITAS y ATAXITAS NIQUELIFERAS. Las Hexaedritas tienen, como fase metálica, la Kamacita, aleación de hierro y 5 a 6% de Ni, que forma cristales cúbicos (hexaedros). Corresponde alojar en este grupo, a los sideritos de Campo del Cielo, por cuanto el contenido de níquel de estos oscila, según diversos análisis, entre 5,11 y 6,20%.

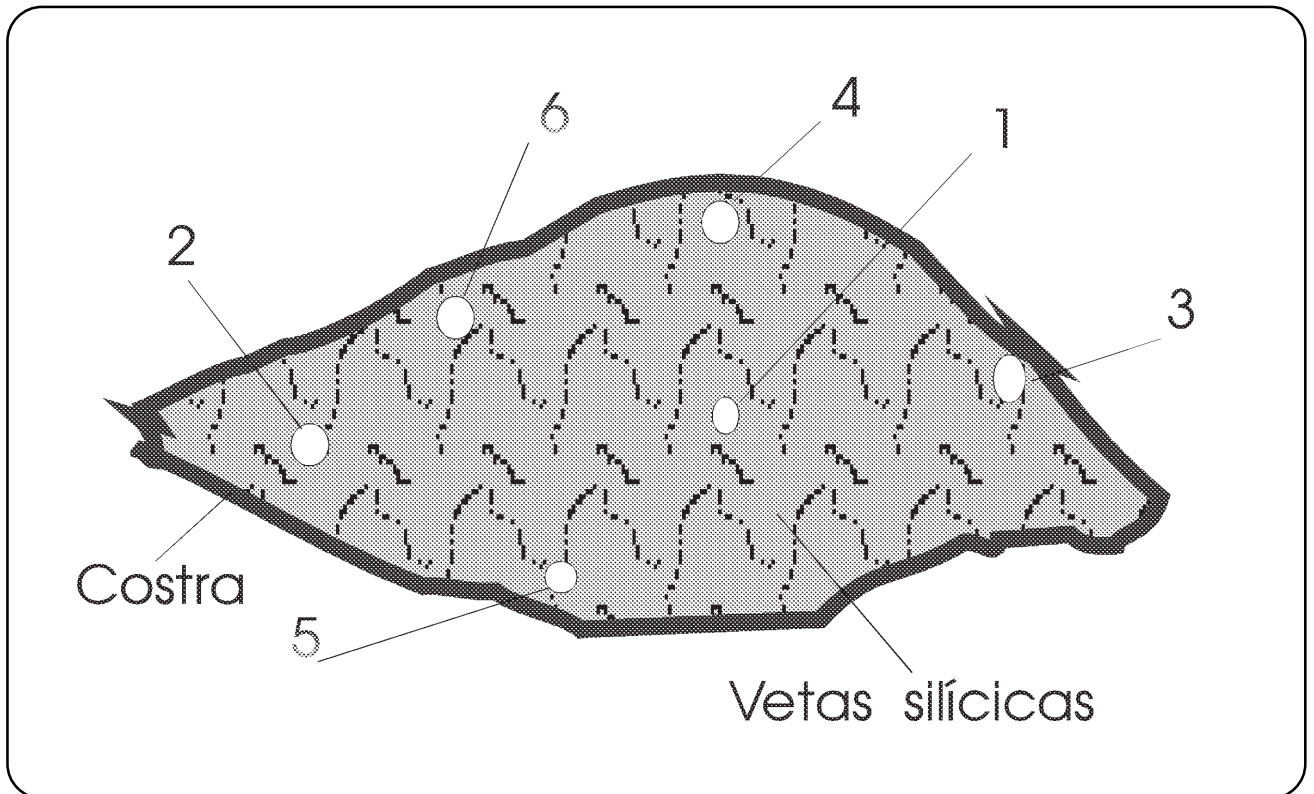
Solo a titulo informativo diremos que de los meteoritos vistos caer el 93% de ellos son aerólitos (formados por silicatos), el 5,5% sideritos (formados esencialmente por metal) y el 1,5% siderólitos (mezcla de ambas fases).

ENSAYOS MECANICOS

El objetivo fue la determinación de los valores de dureza y resistencia a la tracción de un siderito, y su posterior comparación con un acero de producción industrial.

Tipo de probeta: Sección transversal de un meteorito. Espesor: 16,5mm . Tipo de superficie: de pulido fino.

Se practicaron las impresiones de determinación según la disposición siguiente:



ENSAYO Nro.	DUREZA BRINELL (Hb=Kgf/mm2)	RESIST. A LA TRACCION
1	218	75
2	218	75
3	265	91
4	308	106
5	241	83
6	241	83

Los valores de Resistencia a la Tracción fueron obtenidos mediante la utilización de fórmulas empíricas en función de los valores de dureza, por cuanto no es posible construir probetas de tamaños normales debido a la fragmentación que se produce en las vetas silicáticas al someter a las muestras a esfuerzos mecánicos como el torneado, fresado, impacto, etc.

De los datos obtenidos, y con un promedio de dureza igual a $Hb=248,5 \text{ Kg/mm}^2$, esta aleación de origen natural, tiene como equivalente aproximado, a un acero de fuente artificial producido en HORNOS SIEMENS-MARTIN o en CONVERTIDORES LD, correspondiente a la característica de "ACERO DURO RECOCIDO". Siendo la cualidad del recocido un proceso que se logra elevando la temperatura del material hasta los 900 a 1000 grados centígrados, para luego dejarlo enfriar lentamente, de esta manera se logra un material DUCTIL y con su estructura interna re acomodada.

Observando los valores obtenidos y su ubicación en la pieza, se aprecia que la dureza del siderito es mayor en la periferia que en el centro del mismo, esto se debe a las diferentes velocidades de enfriamiento. Cuando el enfriamiento es violento se producen tensiones internas en el material, por que este no recupera su estructura molecular característica. Tenemos entonces que la periferia del meteorito posee mayor temple que el centro del mismo por cuanto su enfriamiento, luego de la caída, se produjo primero violentamente y luego en forma mas gradual.

Se observa también una notable debilidad en los planos internos de las piezas debida a la presencia de vetas silicáticas tanto en los planos macro como microscópicos de los sideritos (todas las fisuras, desgarros y desprendimientos se produjeron sobre estas, al ser sometidas las muestras a grandes esfuerzos).

Se desprende de esta experiencia también, que el metal que constituye a los sideritos, no sirve en su estado natural para ningún tipo de aplicación mecánica (en el año 1815 se construyeron, luego de procesos metalúrgicos, un par de pistolas con hierro meteorítico de Campo del Cielo que luego se mandaron de regalo por el Gobierno, al Presidente de los Estados Unidos, y en 1818 estaban en la Secretaria de Estado de Washington).

CONCLUSIONES

Del análisis global de las características de los sideritos podemos extraer las siguientes conclusiones:

- **CLASIFICACION:** *La respuesta está en los análisis químicos y en las observaciones cristalográficas. Se los define como SIDERITOS (meteoritos de fase metálica) su aleación se denomina KAMACITA, y su porcentaje de Níquel, que en la aleación forma cristales cúbicos los agrupa en la clase de HEXAEDRITAS.*

- **SU UTILIDAD:** *Esta es una pregunta muy común. A pesar de que es muy ocurrente querer utilizar un fragmento de meteorito para alguna aplicación mecánica, dado el valor científico-cultural de estos, podemos afirmar igualmente que la debilidad en los planos internos del material en cuestión, con su consiguiente fragilidad al momento de ser sometido a esfuerzos, lo dejan totalmente fuera de aplicación práctica (así lo demuestran las pruebas mecánicas); salvo efectuarle primeramente algún proceso metalúrgico.*

- **ACERCA DE LA DISGREGACION DE LA MASA PRIMITIVA:** *El siderito original debió tener centenares de toneladas y por consiguiente un volumen muy considerable. Al entrar a la atmosfera terrestre, la gran superficie de contacto que ofrecía el bólido debió soportar una gran presión, debido a la velocidad con que se friccionaba con el aire. Esto provocó también un impresionante incremento de temperatura en el metal, el cual se volvió más "blando". Todos estos factores hicieron, tal como lo demuestran las experiencias de laboratorio, que se produjeran fracturas a lo largo de las más extensas vetas silicáticas que el fragmento llevaba en su interior, produciéndose una o quizás más explosiones que transformaron al gran siderito en mil fragmentos de diversos tamaños que regaron luego una amplia superficie de tierra tan antigua como el cuerpo celeste que la impactó.*

FUENTES:

- "Los hoyos del Campo del Cielo y el Meteorito". J.J. Nágera.
- "Expedición al Chaco Austral del Coronel Bosch" . A.J. Carranza.
- "1500 Kilómetros a lomo de mula" . G. de La Serna.
- "Datos químicos sobre el meteorito EL TOBA, como perteneciente al grupo meteórico de Campo del Cielo" E.H. Ducloux.
- "Introducción a la Geoquímica" F. González-Bonorino.
- "Investigaciones científicas sobre los cráteres y meteoritos de Campo del Cielo" (dos monografías) W. Cassidy-A. Romaña.