

ANÁLISIS PRELIMINAR DE MUESTRAS DEL CRÁTER Y DEL METEORITO DE CARANCAS, PUNO

M. L. Cerón Loayza, J. A Bravo Cabrejos.

Laboratorio de Análisis de Suelos
Facultad de Ciencias Físicas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Apartado 14-0149, Lima 14. Perú.

RESUMEN

El propósito del presente reporte preliminar es dar a conocer la caracterización elemental y estructural de las muestras del meteorito y del suelo del cráter; ubicados en una zona deshabitada vecina al pueblo de Carancas, Región Puno, a unos 1.300 km al sur de Lima. Para la caracterización elemental se utilizó la técnica de fluorescencia de rayos X (FRX) y para la caracterización estructural se utilizaron las técnicas de difracción de rayos X (DRX) y de espectroscopia Mössbauer de transmisión (EMT), usando la transición resonante nuclear de γ 14,4 keV de ^{57}Fe .

Los resultados por FRX permiten diferenciar la composición elemental de las muestras del meteorito de la de una muestra de suelo. En este caso la muestra del meteorito permite identificar la presencia de azufre, cloro, cromo y níquel, que no están presentes en una muestra de suelo tomada del cráter.

En los resultados por DRX de una muestra del meteorito se observa la presencia del silicato olivino; es importante recalcar que el mineral primario como el cuarzo (SiO_2) no se halla presente. Las muestras del suelo del cráter revelan una composición escasa de cuarzo y stishovita (Si_2O), es decir, una fase de cuarzo que ha sufrido un metamorfismo de impacto; también se observa otros minerales como: plagioclasas, feldespatos y silicatos como illita y montmorillonita.

Los resultados por EMT tomados a temperatura ambiente (TA) para la muestra del meteorito muestran 2 sextetos magnéticos adjudicados a la kamacita (Fe, Ni) y a la triolita (Fe, S), y 2 dobletes paramagnéticos de Fe^{2+} asignados al olivino y al piroxeno. Mientras que en todas las muestras de suelos del cráter observamos la presencia de hematita, un doblete paramagnético asignado al Fe^{3+} y dos dobletes paramagnético asignados a la illita y montmorillonita.

En términos generales, los resultados obtenidos con estas técnicas se complementan bastante bien entre si.

INTRODUCCIÓN

El día 15 de setiembre del año 2007 se reportó el impacto de un meteorito en una zona vecina del pueblo de Carancas, distrito de Desaguadero, provincia de Chucuito, Región Puno, cerca de la frontera con Bolivia. Este impacto causó una gran explosión y la formación de un cráter de unos 20 m de diámetro y unos 3 m de profundidad. También se reportó el desprendimiento de gases sulfurosos que irritaron la vista y fosas nasales de los vecinos del lugar. Por informaciones periodísticas se decía que el meteorito era una muestra de material radiactivo, motivo por el cual se llevó un monitor de radiación que dio un resultado negativo, dando valores de $0.030 \mu\text{S}$. En el lugar del impacto la capa freática yace a unos dos metros de profundidad, por lo que este cráter yace en la actualidad lleno de agua. La foto N° 1 fue tomada el 20 de setiembre del 2007.



Figura N° 1.- Lugar de impacto del meteorito de Carancas- Puno

MATERIALES Y MÉTODOS

La recolección de las muestras se realizó 5 días después de ocurrido el impacto en la vecindad del Sector de Carancas. La muestra de meteorito M1-METCAR es de color gris y de textura fina, con pequeñas estrías en su superficie, que podrían deberse al impacto con el suelo. La preparación se hizo con los residuos que se desprendieron del total de la muestra, logrando obtener así una masa apropiada de 180 mg de muestra, necesaria y suficiente para el análisis por EMT. Previo a su colocación en una porta muestras, este material fue molido en un mortero de ágata.

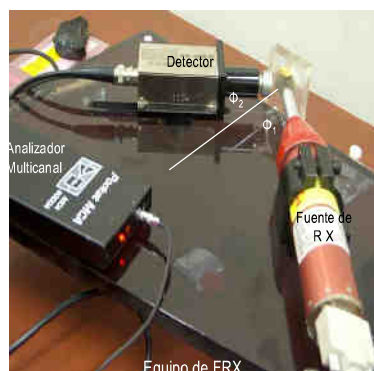


Figura N° 2.- Equipo de Fluorescencia de Rayos X- UNMSM, Facultad de Ciencias Físicas.

Las muestras del suelo del cráter se obtuvieron con la colaboración del Dr. J. Ishitsuka, las cuales fueron tamizadas y molidas en un mortero de ágata, tomando para su análisis aprox. 200 mg; se designaron como:

M1: roca del cráter, muestra color rojizo, parte central; M2: roca del cráter, muestra de color gris, parte intermedia. M3: muestra de roca de color marrón, hallada fuera del cráter.

La composición elemental se realizó empleando un equipo de fluorescencia de rayos X, ver figura N° 2. Esta técnica permite reconocer elementos químicos de número atómico mayor que aluminio. En la muestra de meteorito-ver figura N° 3, se observa la presencia de los elementos Si, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Cu y Ni. De manera particular merece comentar la alta concentración de hierro, así como de azufre, cloro, cromo y níquel en mayores proporciones que en un suelo. La presencia de silicio se da en menor concentración que en un suelo.

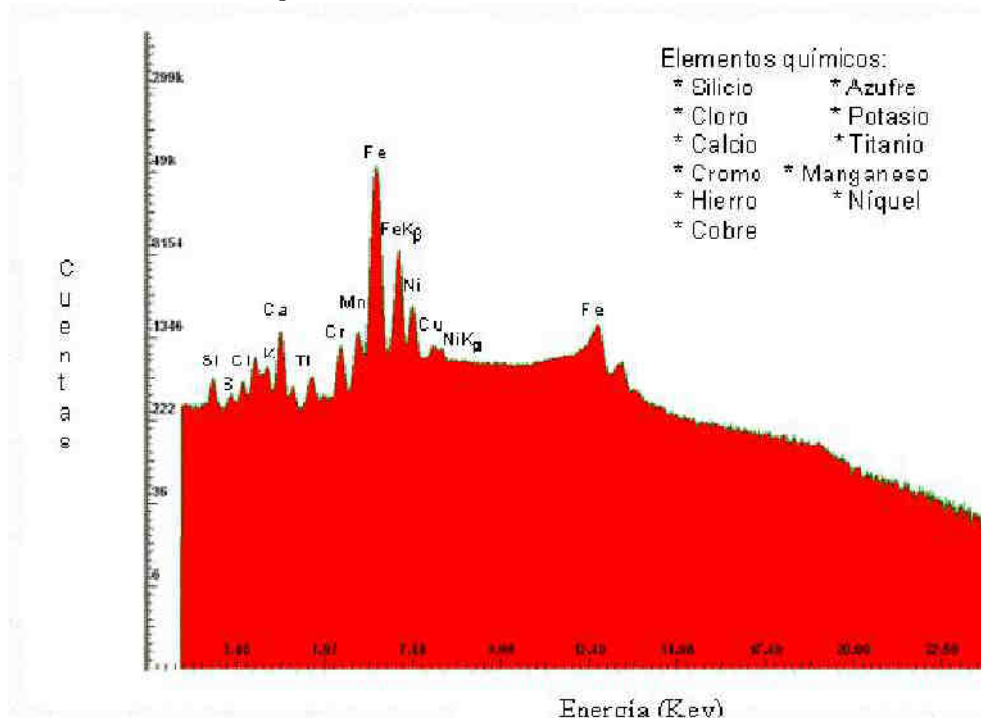


Figura N° 3.- Espectro de FRX de la muestra del Meteorito de Carancas- Puno

Para la identificación estructural de los compuestos presentes en las muestras se recurrió a la técnica de difracción de rayos x, usando un difractor MINIFLEX, modelo RIGAKU (el cual usa una radiación de Cu-K α con $\lambda=1,54178 \text{ \AA}$) en un goniómetro vertical. El ángulo de barrido fue de $4^\circ < 2\theta$

< 70° y el avance fue de 0.02°/paso con un tiempo de 3 segundos por paso. Para la muestra M1-METCAR se observa la presencia del silicato olivino; piroxeno y de la troilita; sin embargo, la presencia del mineral primario como el cuarzo (SiO₂) no se halla presente. En todas las muestras del suelo del cráter predomina principalmente la albita mientras que el cuarzo se halla en cantidades menores.

Para obtener información más detallada sobre los compuestos que contienen Fe se recurrió a la técnica de EMT. Los espectros Mössbauer fueron tomados usando la geometría de transmisión usando una fuente de ⁵⁷Co en matriz de Rh y analizados usando el programa Normos Brand, haciendo uso de la versión de sitios cristalinos (Normos Site). El espectro está constituido de dos sextetos magnéticos y dos dobletes paramagnéticos. Los sextetos se adjudicaron a los compuestos de kamacita (Fe, Ni) y troilita (Fe, S) respectivamente. Los dobletes paramagnéticos se adjudicaron a los silicatos olivino y piroxeno. Para las muestras del suelo del cráter en todas observamos la presencia del oxido hematita.

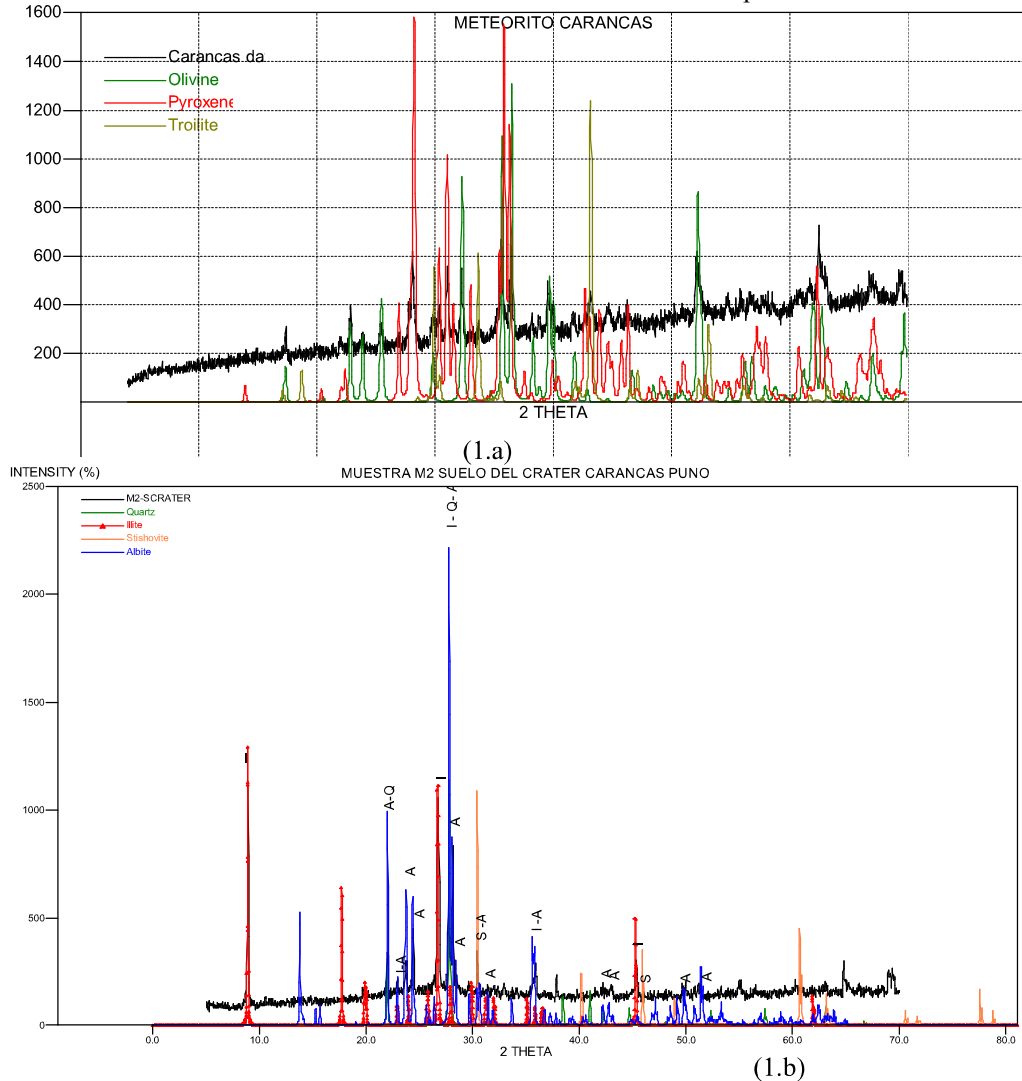
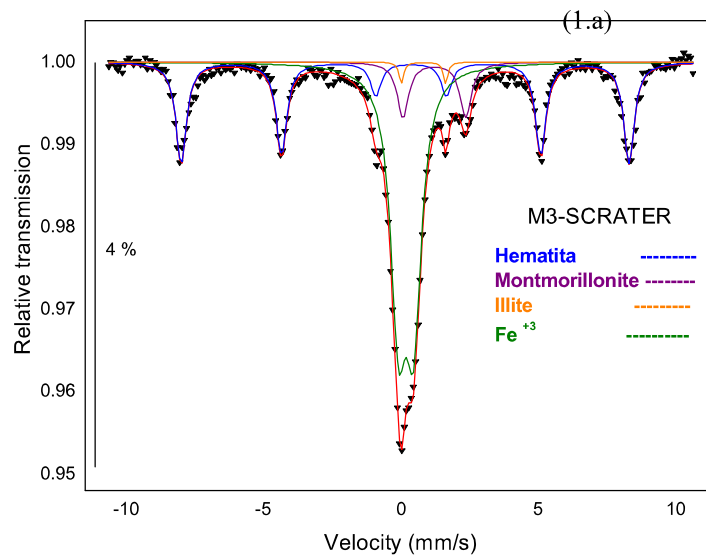
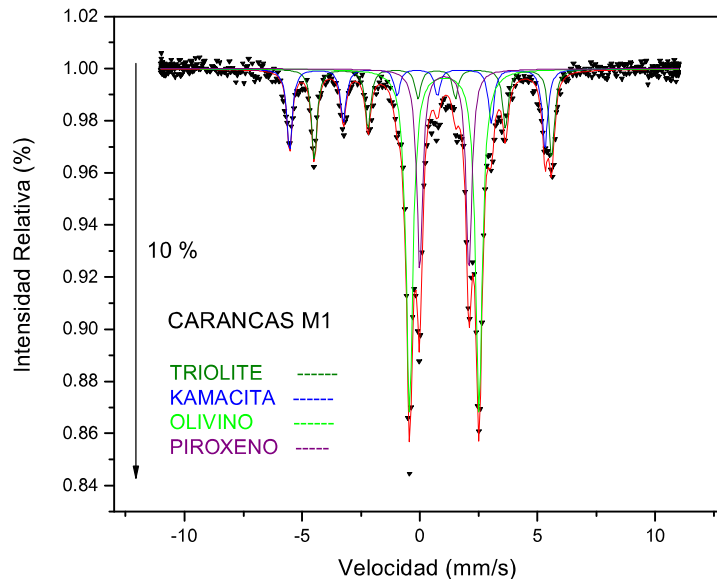


Fig N° 4.- Difractogramas de las muestras (1.a) M1-METCAR de Carancas- Puno, y (1.b) Muestra M2 del Suelo del cráter, ubicado en el Sector de Carancas- Puno.



(1.b)

Fig N° 5.- Espectros de EMT de la Muestra (1.a) M1-METCAR del Meteorito de Carancas- Puno, (1.b) Muestra M3 del Suelo del cráter, ubicado en el Sector de Carancas- Puno.

DISCUSION Y RESULTADOS

En los resultados para la muestra de meteorito M1-METCAR, en la figura N° 3 observamos la presencia de los elementos: Si, Cl, S, K, Fe, Cr, Cu, Ca, Ti, Mn y Ni; con una alta concentración de hierro, así como de azufre, cloro, cromo y níquel en mayores proporciones que en un suelo. En las muestras de suelo del cráter se observa poca cantidad del elemento Ni. Los resultados obtenidos por DRX, como observamos en la figura N° 4, muestran la presencia de troilita, olivino y piroxeno como fase mineralógica principal. El mineral primario cuarzo (SiO_2) y los óxidos/óxi-hidróxidos de Fe no son observados por este método. Mientras que para las muestras del cráter se observa principalmente la presencia del mineral plagioclasa: albita ($\text{Na Al Si}_3\text{O}_8$) y escasa cantidad de cuarzo.

Los espectros Mössbauer fueron tomados a temperatura de ambiente (TA) y a alta velocidad, como se muestra en la Figura N° 5. El espectro de la muestra M1-METCAR de Carancas fueron ajustados con 2 sextetos magnéticos adjudicados a la troilita (FeS) que fue ajustada con un campo magnético hiperfino, $\langle B_{hf} \rangle = 31,08$ T, con un promedio de corrimiento isomérico relativo al Fe de 0,636 mm/s; y desdoblamiento cuadrupolar de $2\varepsilon = -0,16$ mm/s, y la kamacita (Fe, Ni) con un campo magnético hiperfino de $\langle B_{hf} \rangle = 33,33$ T, con un corrimiento isomérico de -0.11 mm/s y desdoblamiento cuadrupolar de $2\varepsilon = 0,00$ mm/s; y dos dobletes paramagnéticos que se asignan a el olivino (Fe,Mg)₂SiO₄ (IS=1.06 mm/s, $\Delta E_Q=2.90$ mm/s) y a la presencia del piroxeno (Mg,Ca,Mn,Fe) Si₂O₆ (IS=1.08 mm/s, $\Delta E_Q=2.18$ mm/s).

Así mismo, los resultados de los espectros de las muestras del suelo del cráter, adjudican la presencia de sextetos magnéticos como la hematita (α -Fe₂O₃) y dobletes paramagnéticos asignados a la illita y a la montmorillonita.

En la muestra M1 del cráter por DRX observamos la presencia de los minerales: cuarzo, montmorillonita, albita y taenita (Fe, Ni), éste último por sus picos principales. Mientras que en M2 observamos: cuarzo, albita, illita y stishovita (SiO₂), mineral producto del metamorfismo de impacto e identificable en rocas que contienen cuarzo; se identificaron por sus picos más intensos. M3 presenta: cuarzo, montmorillonita, albita, illita, jadeita y stishovita. El origen del mineral jadeita se relaciona con el metamorfismo a elevadas presiones que se alcanzan en los impactos de alta velocidad; el mineral precursor sería la albita que da origen a la jadeita y al cuarzo.

Podemos observar que los elementos obtenidos por FRX para M1-METCAR forman parte de los minerales hallados por DRX: troilita, olivino y piroxeno, así como los hallados por EMT: troilita (FeS), olivino (Fe, Mg)₂SiO₄, piroxeno (Mg, Ca, Mn, Fe) Si₂O₆ y kamacita (Fe, Ni).

Para las muestras de suelo del cráter, por EMT observamos la presencia de los silicatos como la illita y montmorillonita y también la presencia de hematita; en los resultados por DRX no se observan estos óxidos probablemente por contener un porcentaje menor al 5%.

Estos resultados nos muestran la evidencia de impactitas, es decir, minerales que se forman por metamorfismo de minerales precursores inducido por las altas presiones y temperatura generadas por el impacto, en este caso, de un meteorito.

CONCLUSIONES

Los análisis realizados muestran la bondad de las técnicas utilizadas para obtener información básica sobre las muestras estudiadas. Esta información es fundamental para clasificar este meteorito. Además, de manera particular hacen posible distinguir el material proveniente del meteorito en sí de las muestras de suelo recogidas del cráter y alrededores.

La presencia de azufre, elemento hallado por estas técnicas y liberado de la oxidación de los sulfuohídricos, sulfitos que realizan las sulfobacterias, posiblemente sea el responsable del malestar ocasionado a la población de Carancas.

Los análisis realizados por las técnicas de FRX, DRX y EMT a las muestras de suelo del cráter, muestran una escasa cantidad de cuarzo y cantidades mayores de albita (plagioclasas); así mismo, se observa una transformación en la muestra M3 debido a un metamorfismo de alta presión (13-23Gpa) (presión máxima durante el paso de la onda de choque [referencias], de albita en jadeita y cuarzo; en la muestra M2 observamos la stishovita, polimorfo de cuarzo, fase a alta presión y sería la evidencia relacionada con la onda de choque de impacto.

REFERENCIAS

Brand, R.A., Normos: Mössbauer Fitting Program.

Lounejeva E., Ostroumov M., y Sánchez-Rubio G. 2000. Polimorfos de alta presión de sílice en la impactitos de Chicxulub, México-resultados de espectrometría Raman. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, vol. 17, n°2, p. 137-141.

Díaz- Martínez E., Sanz-Rubio E., Fernández C. y Martínez-Frías J. 2001. Evidencia de un pequeño impacto meteorítico en Extremadura: el "volcán" de el Gasco (Las Hurdes). Trabajo presentado en el 30ª Reunión Científica de la Sociedad Geológica de España. Enciso (La Rioja).

Roeschmann, C. Rada, C. El impacto meteorítico de Monteraqui, región de Antofagasta, Chile: Productos y procesos.