



# MEMORIAS

Sección Química Nuclear

44° Congreso Mexicano de Química  
28° Congreso Nacional de Educación Química  
26 al 30 de septiembre de 2009, Puebla, México

## EFFECTO DE LA RADIACIÓN $\gamma$ EN LA CUANTIFICACIÓN DE CARBONATOS Y MATERIA ORGÁNICA EN SUELO ANÁLOGO A MARTE.

Omar Aguilar Torres, Rafael Navarro González

Laboratorio de Química de Plasmas y Estudios Planetarios, Instituto de Ciencias Nucleares,  
Universidad Nacional Autónoma de México, CP. 70-543, México D. F., 04510.

omar.aguilar@nucleares.unam.mx

### Resumen

Una posible causa en la dificultad para detectar carbonatos supone que cualquier depósito superficial en Marte, puede ser descompuesto por radiación del espacio. A esta misma razón (y a algún oxidante en el suelo) es atribuida la falla al detectar materia orgánica. El trabajo consiste en la simulación de la exposición de la superficie marciana a la radiación ionizante para estudiar la degradación de los rubros mencionados. Suelo del desierto Mojave fue sometido a diferentes dosis de radiación. El análisis se llevó a cabo por Py-GC-MS así como vía indirecta a través de  $\text{CO}_2$  liberado por reacción oxidativa para la materia orgánica y vía ácida para carbonatos. Los resultados muestran la necesidad de tener acceso al subsuelo marciano en busca de sus indicios debido al daño severo sufrido en la superficie. La falta de tendencia en la cantidad de carbonatos con las diferentes dosis nos habla de otro fenómeno presente que afecta su concentración en el suelo.

### INTRODUCCIÓN

Las diferentes manifestaciones de carbonatos en la naturaleza, su posible asociación con organismos extintos (Edwards et al, 2005) su estrecha relación con la presencia de agua líquida y el posible surgimiento de vida aunada a ella, hacen de estos compuestos un blanco interesante de estudio con aplicación en investigación Astrobiológica. Con respecto a la presencia de carbonatos en Marte, a pesar del arduo trabajo que se ha realizado sobre este tema, hasta el momento no se han obtenido conclusiones definitivas con respecto a su detección sobre la superficie y la atmósfera de Marte. Una posible causa de la dificultad para detectar carbonatos supone que cualquier depósito superficial de  $\text{CaCO}_3$  en Marte, puede ser convertido a óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) por la radiación UV, con una consecuente liberación de  $\text{CO}_2$  a la atmósfera (fotodescomposición) (Mukhin et al, 1996); otra teoría indica que, aún si las partículas de  $\text{CaO}$  son formadas por fotodescomposición, éstas podrían reaccionar con el abundante  $\text{CO}_2$  atmosférico produciendo nuevamente  $\text{CaCO}_3$  rodeada por una capa delgada de  $\text{CaO}$  (Orofino et al, 2000), que sería lo suficientemente gruesa para preservar el núcleo de  $\text{CaCO}_3$  y para evitar la detección espectroscópica de las bandas de infrarrojo del mismo.

# MEMORIAS

## Sección Química Nuclear

44° Congreso Mexicano de Química  
28° Congreso Nacional de Educación Química  
26 al 30 de septiembre de 2009, Puebla, México

A pesar del extenso trabajo en la materia, problemas el estudio de la influencia de la radiación ionizante (a la cual también se encuentra expuesto el similares (en cuanto a detección y cuantificación) se presentan para la materia orgánica en Marte. Debido a la incertidumbre que aún existente sobre el efecto de la radiación sobre la superficie marciana, se ha comenzado suelo) en estas determinaciones.

### RESULTADOS

Hasta el momento se ha encontrado una buena correlación entre los datos obtenidos por el sistema acoplado pirólisis – cromatografía de gases – espectrometría de masas y por reacción oxidativa de orgánicos para cuantificación vía indirecta por  $\text{CO}_2$ , mostrando una esperada tendencia prolongada en la degradación de orgánicos produciendo principalmente  $\text{CO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  y amoníaco como productos finales (Figura 1).

En ambos casos se observa el importante efecto de la radiación gamma quien aunada a otros posibles efectos de oxidación de orgánicos, limita significativamente los análisis cuantitativos y podemos notar que a dosis relativamente bajas en comparación con las dosis acumuladas sobre la superficie marciana, perdemos fácilmente el rastro de compuestos orgánicos dificultando los análisis superficiales que se realicen no sólo en los primeros cm de profundidad.

# MEMORIAS

## Sección Química Nuclear

44° Congreso Mexicano de Química  
28° Congreso Nacional de Educación Química  
26 al 30 de septiembre de 2009, Puebla, México

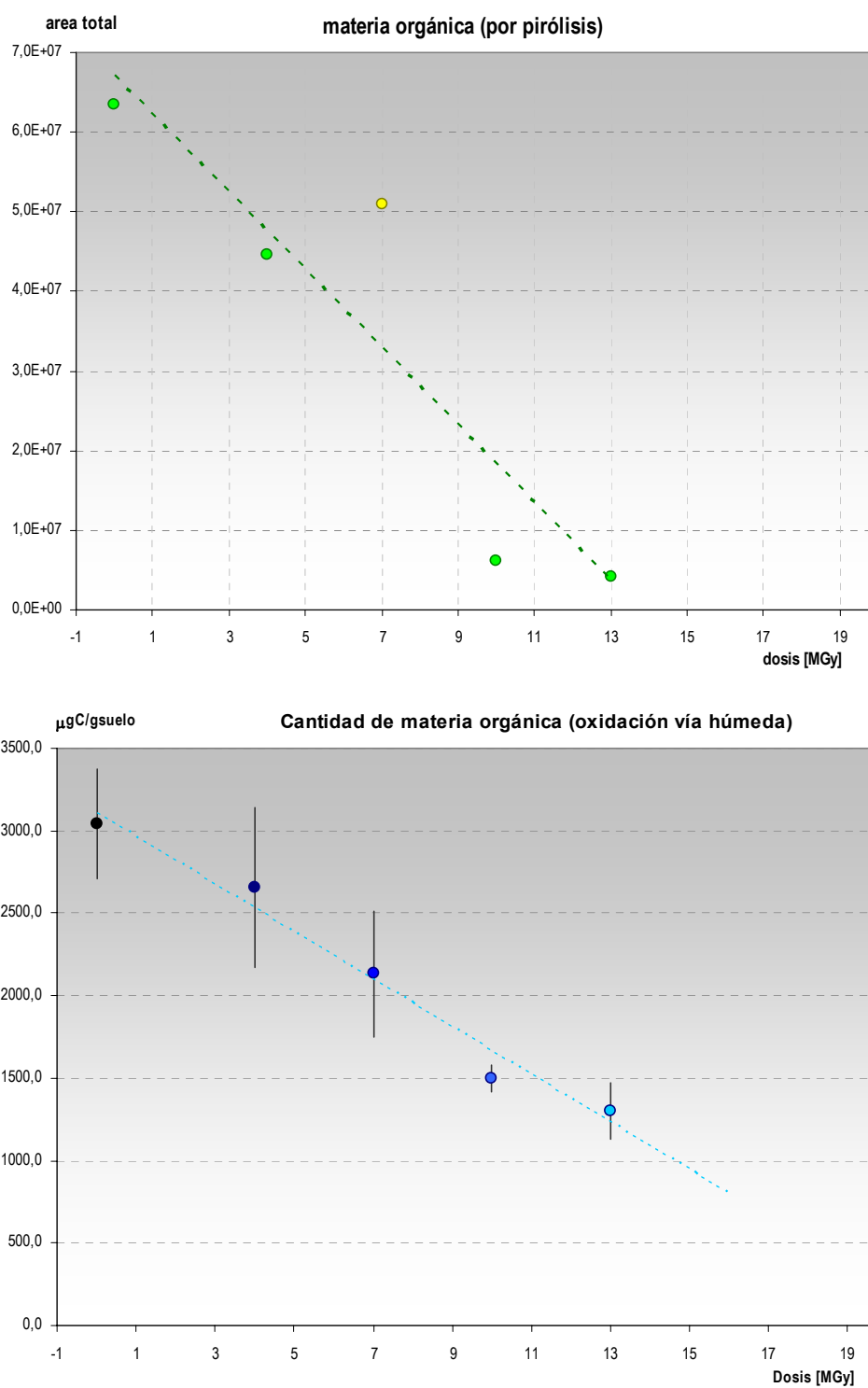


Figura 1: Comparación de gráficos obtenidos; por pirólisis para el gráfico a la derecha y a partir de la cuantificación de CO<sub>2</sub> para el gráfico a la izquierda.



# MEMORIAS

## Sección Química Nuclear

44° Congreso Mexicano de Química  
28° Congreso Nacional de Educación Química  
26 al 30 de septiembre de 2009, Puebla, México

Con respecto a carbonatos, observamos una disminución en la concentración en todas las muestras sometidas a alguna dosis, mostrando su descomposición en presencia de este tipo de radiación lo cual ayudaría a explicar el problema en la detección de grandes depósitos de carbonatos en la superficie de Marte. Logra observarse que a dosis mayores la concentración aumenta sugiriendo la posibilidad de que debido a las altas concentraciones de  $\text{CO}_2$  liberado y restringido en la celda de irradiación, éste se reincorpore en el suelo aumentando la cantidad de carbonatos detectados (Figura 2).

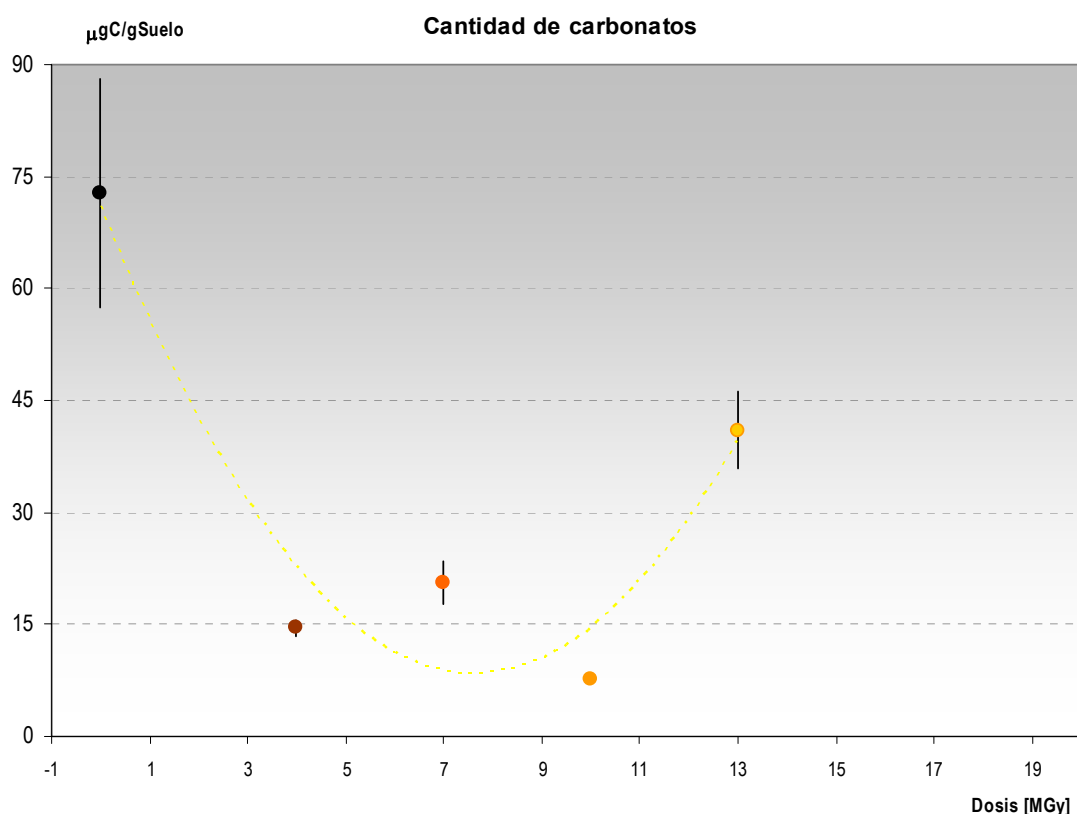


Figura 2: Cuantificación de carbonatos por método indirecto a partir de  $\text{CO}_2$ .

## MÉTODOS

Las muestras son procedentes del desierto Mojave que puede ser calificado como un buen análogo del suelo marciano (Raymond et al, 2001) así como por el hecho de que al ser la región de mayor aridez de los desiertos de Norteamérica, se ha probado la técnica de PI-CG-EM con ese tipo de muestras antes de ser propuesta para la misión espacial Vikingo. El estudio consta del análisis (cuantificación de

# MEMORIAS

## Sección Química Nuclear

44° Congreso Mexicano de Química  
28° Congreso Nacional de Educación Química  
26 al 30 de septiembre de 2009, Puebla, México

materia orgánica y carbonatos) de suelo sometido a las siguientes dosis: 0, 4, 7, 10 y 13 MGy (actualmente se cuenta con dos muestras más sometidas a dosis de 16 y 19 MGy). En todos los casos las muestras fueron encapsuladas y llevadas a la Unidad de Irradiación y Seguridad Radiológica donde se cuenta con una fuente de  $^{60}\text{Co}$  como fuente de radiación. Las determinaciones realizadas fueron llevadas a cabo por:

*Determinación de carbono total por pirolisis:* La adición del pirolizador (u horno que aumente súbitamente la temperatura de la muestra liberando gases y/o volátiles) al sistema del CG-EM, ayuda a que los compuestos menos volátiles y

complejos puedan inyectarse directamente al cromatógrafo. Los valores de área total obtenidos, nos permiten hacer las comparaciones entre las diferentes dosis y observar el grado de degradación en este tipo de matriz compleja.

*Determinación de carbonatos y materia orgánica por técnica analítica en línea:* Implementada por el equipo de trabajo del laboratorio (Aguilar, 2008), capaz de capturar  $\text{CO}_2$  liberado de las reacciones:

Carbonatos: Se produce  $\text{CO}_2$  al adicionar  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado a las muestras de suelo. La cuantificación de  $\text{CO}_2$  permite lograr de manera indirecta la cuantificación de carbonatos.

Materia orgánica: Se produce  $\text{CO}_2$ , pero en esa ocasión proveniente de una reacción en vía húmeda entre la muestra de suelo con  $\text{KMnO}_4$ . Se lleva a cabo igualmente la determinación de  $\text{CO}_2$  para hacer la determinación indirecta.

Ambas reacciones pueden llevarse a cabo con una sola muestra de suelo y dado que no se perturba el sistema en línea, se puede llevar a cabo ambos análisis en forma prácticamente simultánea.

*Análisis de gases en celdas irradiadas:* También se ha llevado a cabo el análisis de los gases liberados dentro de la celda de irradiación de las muestras (como parte de los objetivos del trabajo), las cuales fueron selladas al vacío y con lo cual se puede determinar aquellos productos de reacción ocasionadas por la radiación.

## CONCLUSIONES

- \* Podemos decir que está presente la descomposición de carbonatos aunque la falta de tendencia nos habla de otro fenómeno presente que afecta su concentración en el suelo.

# MEMORIAS

## Sección Química Nuclear

44° Congreso Mexicano de Química  
28° Congreso Nacional de Educación Química  
26 al 30 de septiembre de 2009, Puebla, México

- \* Se requiere muy poco tiempo en términos geológicos para borrar el rastro de compuestos orgánicos con lo que se apoya la consideración de extracción de muestras a mayores profundidades en la superficie marciana.
- \* La técnica en línea ha mostrado ser útil en la cuantificación vía indirecta y puede aplicarse junto con otras técnicas de uso más común como lo es la pirólisis a fin de complementar el análisis.

## REFERENCIAS

- S. Aguilar, thesis, UNAM (2008).
- H. Edwards et al. Spectrochimica acta. Part A. 61 2273-2280 (2005).
- L. Mukhin et al. Nature 379, 141-143 (1996).
- V. Orofino et al. Planetary and Space Science 48, 1341-1347 (2000).
- A. Raymond et al. Las Vegas, Nevada, y Barstow, California. Octubre 20-27 (2001).