



# 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 RADIACION GAMMA EN SUSPENSIONES ACUOSAS DE PIRIMIDINAS-MONTMORILLONITA DE SODIO

Leonardo Ramírez Navarro, Edith Mendoza y Alicia Negrón Mendoza  
Instituto de Ciencias Nucleares, Universidad Nacional autónoma de México  
México, D.F. México

### Resumen

En este trabajo se estudia el efecto de la radiación gamma en suspensiones de dos bases: uracilo y citosina adsorbidos en una arcilla (montmorillonita de sodio). En primer lugar se estudió la adsorción de las bases en la arcilla, dando como resultado que la adsorción es dependiente de la base pirimídica, y del pH de la solución. La citosina se adsorbe al 100% a pH 2, mientras que el uracilo sólo el 23%. A pH más altos la adsorción cae abruptamente. La irradiación de las suspensiones de la base con arcilla refleja el comportamiento de la adsorción, pues después de la irradiación gamma de suspensiones de citosina, y de la desorción de la base de la arcilla, se recupera el 100%, en tanto para el uracilo, solo se recupera la porción adsorbida en la arcilla. Los análisis se siguieron mediante espectroscopia de UV, de rayos X y por cromatografía de líquidos de alta presión. Se agradece el apoyo del proyecto PAPIIT IN104109-3 y CONACYT 00000000082937

### Introducción

Para que la vida tuviera la oportunidad de originarse y evolucionar, fue esencial el papel de moléculas que mantuvieran información estable (ARN y ADN). La formación de estas moléculas complejas, requirió de condiciones geoquímicas específicas que conllevaron a la expresión de su potencial biológico, otorgándoles la capacidad de multiplicarse y evolucionar. Desde este punto de vista geoquímico, muchos autores involucran la superficie química de los minerales, en la evolución química prebiótica que culminara en el origen de la vida. D. Bernal en 1947 propuso que las arcillas pudieron haber servido, en la interfase formada entre la litosfera y la hidrosfera, como sitios de concentración y de catálisis de diferentes reacciones, además de brindar un sitio de resguardo a las moléculas para evitar su degradación causada por la energía generada por fuentes de radiación. La presencia de arcillas en la Tierra es muy antigua, aproximadamente  $3.8 \times 10^9$  años, (Miller y Orgel, 1974), siendo la montmorillonita de sodio la más abundante. Esta arcilla es formada por una hoja de alúmina que comparte átomos de oxígeno con dos hojas de sílice, apiladas paralelamente, cada celda es una unidad y están

# MEMORIAS

## Sección Química Nuclear

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

separadas por un canal interlaminar, en este canal se puede encontrar diferentes tipos de cationes, la montmorillonita de Na a pH ácido, posee cargas negativas sobre las paredes del canal interlaminar, y cargas positivas sobre las orillas de los cristales de arcilla esta distribución de cargas proporciona la capacidad de tener interacciones con moléculas orgánicas, debido a intercambio catiónico, puentes de hidrogeno, interacciones ion-dipolo, y fuerzas de van der Waals. Dado a estas fuerzas, es posible concentrar moléculas, orgánicas, catalizar su polimerización y servir como protección a otras fuentes de energía presentes en ese ambiente.

### Materiales y Métodos

#### Adsorción de las bases citosina y uracilo

Para la adsorción se prepararon muestras de 0.1 g de montmorillonita de Na, suspendiéndolas en 3.0 mL de las soluciones de citosina y uracilo  $1 \times 10^{-3}$  M, el pH se fijo a 2 con HCl 0.1M. Se agitó durante 1 hora para llevar a cabo la adsorción, se centrifugó por el mismo tiempo a 15,000 rpm y por último se separó el sobrenadante el cual fue analizado en un espectrofotómetro de UV-VIS marca Varian modelo Cary 100 Scan a 260 nm.

#### Extracción de las bases citosina y uracilo

Al sólido obtenido en la sección anterior, se le agregaron 3.0 mL de solución de hidróxido de sodio 0.1 M. la mezcla se mantuvo en agitación por 1 hora, al término de la cual separó el sólido por centrifugación a 15,000 rpm para después ser analizado por espectrofotometría a 260 nm.

#### Radiólisis de las bases nitrogenadas en solución acuosa y de las bases en presencia de arcilla

Se prepararon muestras con 3.0 mL de bases en solución acuosa, a una concentración de  $1 \times 10^{-3}$  M de la base respectiva y el pH se ajustó a 2, estas fueron irradiadas en un irradiador gamma (Gammabeam 651 PT), cargado con fuentes de  $^{60}\text{Co}$  a diferentes dosis; las cuales fueron 1, 5 y 10 kGy. Las muestras, después de ser irradiadas, fueron analizadas por espectrofotometría a 260 nm y por cromatografía de líquidos de alta eficiencia.

Las muestras de las bases en presencia de arcilla se prepararon como se mencionó en el apartado de adsorción, antes de ser irradiadas. Posteriormente las bases fueron recuperadas como según el apartado de extracción y se analizaron como se mencionó anteriormente.

# MEMORIAS

## Sección Química Nuclear

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

### Resultados y Discusión

#### Comportamiento en la adsorción de citosina y uracilo

La adsorción es una de las propiedades fundamentales de las arcillas y esta se refiere a la acumulación de una sustancia en la frontera que se forma entre dos fases. Este proceso se lleva a cabo principalmente, debido a que las arcillas poseen un exceso de carga, lo cual provoca el intercambio natural de iones, favoreciendo de este modo la adsorción. El fenómeno de adsorción es muy complejo y depende de la naturaleza de la molécula que va a adsorberse, su forma, concentración, el pH de la solución, los iones intercambiables entre otros (Perezgasga et al. 2005). Para el caso de las bases estudiadas se encontró que hay diferencias en el por ciento de adsorción, como se observa en la Tabla I.

Los resultados diferenciales observados en la adsorción de citosina y uracilo, a pH 2 se deben, a que la citosina se encuentra completamente protonada, esto favorece el proceso de intercambio iónico dentro del canal de la arcilla, el cual tiene una carga neta negativa que esta compensada con el ion  $\text{Na}^+$  y es sustituido por la citosina. Esto se puede comprobar por los espectros de rayos X, en el cual se muestra una expansión del canal interlamilar, que sin base adsorbida es de 11.9 Å, y con la citosina adsorbida tiene un valor de 12.74 Å (Figura 1). Para el caso del uracilo, casi la totalidad de esta base se encuentra en su especie neutra, incluso no hay evidencias concluyentes, sobre el pH exacto de protonación, Por lo cual el intercambio iónico no se ve favorecido y la adsorción se dificulta para esta base nitrogenada.

Base nitrogenada	% de adsorción
Citosina	100
Uracilo	23

Tabla I. Porcentaje de adsorción de las bases nitrogenadas a pH 2 en montmorillonita de sodio

# MEMORIAS

Sección Química Nuclear

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

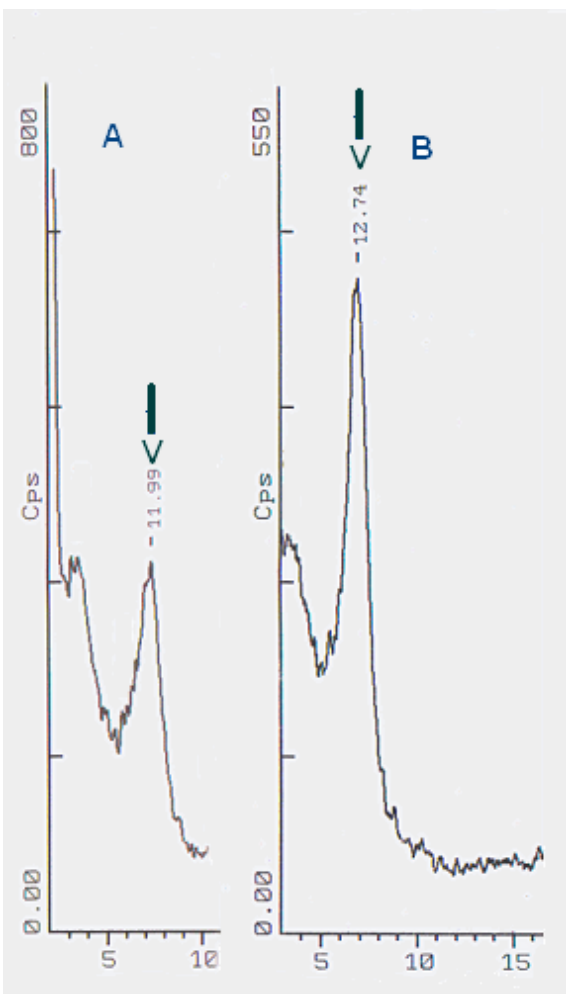


Fig. 1 Rayos x de A) montmorillonita de Na (blanco) B) montmorillonita + citosina

## Efecto de la presencia de montmorillonita Na en la radiólisis de citosina y uracilo

Se han propuesto varias maneras de explicar la permanencia de moléculas de importancia biológica, en ambientes prebióticos:

1) Síntesis continua, de tal manera, que se mantengan las concentraciones adecuadas para los procesos de polimerización,

# MEMORIAS

## Sección Química Nuclear

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

2) Síntesis momentánea de moléculas, suficientemente estables para mantenerlas disponibles durante un largo tiempo y 3) Que los compuestos sintetizados sean protegidos dentro de superficies sólidas.

El presente estudio se basa en esta última propuesta, de manera que, en la figura 3 y 4 se muestra el efecto de la radiólisis, de las soluciones acuosas de citosina y uracilo respectivamente, en sistemas con y sin arcilla. En estas figuras podemos

observar que la presencia de la arcilla favorece la supervivencia de ambas moléculas, en contraste, al sistema en el que no se encuentra, notándose también, que existe diferencia en el porcentaje de supervivencia, con base al comportamiento de adsorción de las bases nitrogenadas, de manera que citosina presenta mayor supervivencia.

El efecto protector de la montmorillonita sobre las bases nitrogenadas, puede explicarse por dos razones. 1) Aquel producido porque la arcilla absorbe en su estructura, una parte de la energía liberada, distribuyéndola en formas menos energéticas, limitando la posibilidad de ionización, por acción directa de la radiación. 2) Se debe a que las moléculas adsorbidas están limitadas a reaccionar con especies vecinas, de manera que se disminuye la probabilidad de interactuar con productos de la acción indirecta, ejemplo aquellas provenientes de radiólisis del agua (Guzmán-Marmolejo, 2003).

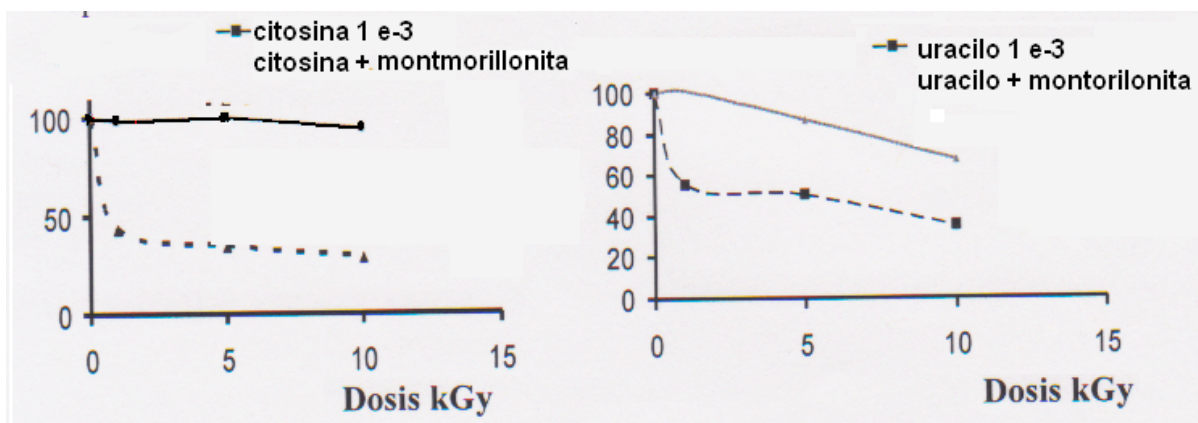


Figura 2. Supervivencia citosina y uracilo

# MEMORIAS

## Sección Química Nuclear

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

### Conclusiones

Este estudio se enfocó en tratar de esclarecer dos importantes retos a los que se enfrenta la teoría de evolución química.

El primero es explicar cómo, las moléculas producidas, en las etapas tempranas de la Tierra lograron concentrarse lo suficiente para favorecer reacciones y producir moléculas cada vez más complejas. Para lo cual se puede concluir que la arcilla, es capaz de concentrar moléculas al adsorberlas en su superficie. La capacidad de adsorber a las bases nitrogenadas se explica en función de sus especies predominantes a pHs ácidos.

El segundo reto consiste en explicar, cómo las moléculas pudieron escapar de la acción degradante de las mismas fuentes que las formaron, de tal manera que se encuentren disponibles durante procesos de polimerización. En esta cuestión resalta el efecto protector de la arcilla hacia las bases nitrogenadas estudiadas, lo cual implica su importancia en estudios de química prebiótica.

- Por último cabe mencionar la importancia de los sistemas heterogéneos como las simulaciones prebióticas más realistas dentro de las investigaciones de evolución química.

### Referencias

S.L. Miller y L. Orgel (1974) *The origins of Life on The Earth*, Prentice-Hall, Inc. New Jersey.

J.D. Bernal (1951) *The physical basis of Life*. Routledge and Kegan Paul, London.

L. Perezgazga, A. Serrato, A. Negrón, L. de Pablo y G. Mosqueira, *Orig. Life Evol. Biosph.* 35,91(2005).

A. Guzmán Marmolejo (2003) *Tesis UNAM Facultad de Química 2003*.