



19/
20/

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO


FACULTAD DE CIENCIAS

ESTUDIOS DE EVOLUCION QUIMICA SOBRE LA
ADSORCION DE ADENINA Y POLI A EN UNA
ARCILLA

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
B I O L O G A
P R E S E N T A,
ALEJANDRA SERRATO DIAZ

DIRECTOR DE TESIS: DRA. ALICIA NEGRON M.

1996



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

M. en C. Virginia Abrín Barule
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
P r e s e n t e

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis: "ESTUDIOS DE EVOLUCION
QUIMICA SOBRE LA ADSORCION DE ADENINA Y POLI A EN UNA ARCILLA"

realizado por SERRATO DIAZ ALEJANDRA

con número de cuenta 3836584-6 , pasante de la carrera de BIOLOGIA

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis
Propietario

DRA. ALICIA NEGRON MENDOZA

Propietario

DR. FERNANDO GUILLERMO MOSQUEIRA PEREZ

Propietario

DRA. MARIA GUADALUPE ALBARRAN SANCHEZ

Suplente

M. en C. AIDA NELLY GARCIA ARGAEZ

Suplente

BIOLOGIA JOSE ARMANDO MUÑOZ MOYA

Consejo Departamental de Biología

600

Dedicatorias

*A mi Papá que siempre
vivió en mí.*

*A las personas más
importantes de mi vida:*

Mi Mamá, Rosy,

Helene y Sandy.

*A César por su gran amor
e incansable apoyo.*

Agradecimientos

A la Dra. Alicia Negrón Mendoza una de las personas que más admiro por brindarme su asesoría, paciencia y confianza en la realización de mi tesis.

A la Dra. Ma. Guadalupe Albarrán por su revisión, comentarios, sugerencias y apoyo que me brindó desde el primer momento.

Al Dr. Guillermo Mosquera, a la M. en C. Aida García y al Blól. Armando Muñoz; por sus comentarios y el tiempo dedicado a la revisión de la tesis.

A Bertha Milla por su paciencia, valiosa colaboración y comentarios para la presentación de mi tesis.

A José Luis Reza por su buen humor y gran ayuda en el laboratorio.

A Carmen Leticia Peza por todo lo que me enseñó y su apoyo en la parte experimental.

Al Dr. Rafael López C. por haber realizado los estudios de aniquilación de positronio.

A Aurelia Maturano por la realización de los estudios de rayos X.

Al Fis. Antonio Ramirez por brindarme su tiempo y asesoría.

A Tony por su increíble amistad, tolerancia y sobre todo por el apoyo que siempre me ha dado.

A Alejandro Díaz Ponce por el apoyo que le ha dado a mi familia y por prestarme sus libros que fueron de gran ayuda.

A Carmen, Gaby, Andrés, Julio y Héctor por su compañerismo y constante disposición para ayudarme.

A Alma Rosa y Fer por su comprensión y apoyo cuando más lo necesité.

A Marcia, Mary, Luz, Angélica, Jaina, Gaby, Maritza, Lilla, Rosaura, Tere, René y demás amigos por todo lo que compartimos durante la carrera.

A Marilú, Aurora, Violeta, Claudia y Alfredo por su invaluable amistad.

A Bibiana, Katina, Miriam, Alejandro y Jorge M. por escucharme, apoyarme y alentarme en todo momento.

A Picharcas, Penélope, Polita, Petete y Odie por llenar mi vida de alegría.



RESUMEN

La evolución química es un proceso propuesto para explicar el surgimiento de la vida a través de la formación abiótica de compuestos orgánicos fundamentales para los seres vivos.

Se postula que en las arcillas se adsorbían estos compuestos orgánicos y se llevaban a cabo reacciones de condensación que ayudaban a la formación de biopolímeros, por esto, la función de las arcillas como catalizadores prebióticos ha sido ampliamente estudiada. Sin embargo, aún existen muchas dudas al respecto como lo es el saber en que sitio de las arcillas se lleva a cabo la adsorción de los compuestos orgánicos.

Este trabajo tiene como objetivo dilucidar los sitios de adsorción de la adenina y el poli A en la arcilla montmorillonita de sodio. Para lograrlo se realizaron bloqueos selectivos en el canal interlaminar y en los bordes de la arcilla, obteniendo como resultado que la adenina se adsorbe principalmente en el canal y el poli A en los bordes, siendo el intercambio iónico el mecanismo predominante de adsorción.

INDICE

	Página
Capítulo 1	
<i>ANTECEDENTES</i>	1
1.1 Evolución química	1
1.2 Condiciones de la Tierra primitiva	2
1.3 Las arcillas como catalizadores prebióticos	3
1.3.1 ¿Qué son las arcillas?	4
1.3.2 Estructura de las arcillas	4
1.3.3 Origen de las cargas	8
1.3.4 Propiedades	8
1.3.5 Relevancia geológica	13
1.3.6 Importancia de las arcillas en la naturaleza	13
1.3.7 Relación de las arcillas con estudios de evolución química	14
1.3.8 Trabajos relacionados con el papel prebiótico de las arcillas	15

1.4 Adenina y poli A	20
1.5 Objetivos	22

Capítulo 2

<i>MÉTODOS EXPERIMENTALES</i>	23
2.1 Reactivos y solventes	23
2.2 Adsorción de adenina y poli A a diferentes concentraciones	24
2.3 Bloqueo del canal interlamilar de la montmorillonita	26
2.4 Bloqueo de los bordes de la montmorillonita	29
2.5 Adsorción de adenina y poli A en arcillas bloqueadas	30
2.6 Análisis de las muestras	31
2.6.1 UV	31
2.6.2 Rayos X	33
2.6.3 IR	33
2.6.4 Aniquilación de positronio	33

Capítulo 3

<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	35
3.1 Adsorción en la arcilla	35
3.2 Adsorción en la arcilla con el canal interlaminar bloqueado	42
3.3 Adsorción en la arcilla con los bordes bloqueados	49
<i>CONCLUSIONES</i>	55
<i>REFERENCIAS</i>	56

CAPTULO I

ANTECEDENTES

LA EVOLUCIÓN QUÍMICA

La evolución química es una secuencia de procesos físicos y químicos que fue postulada por Oparin (1924) y Haldane (1929) de manera independiente, para explicar el surgimiento de la vida a través de la síntesis abiótica y acumulación de moléculas orgánicas a partir de compuestos inorgánicos simples. Este proceso se iniciaría con la formación de la Tierra hace 4.700 millones de años y daría como resultado una sopa primitiva rica en monómeros y polímeros orgánicos.

Otros autores (Lazcano y Miller, 1994) han propuesto que de la sopa primitiva surgiría un mundo de RNA, incluyendo a los posibles precursores de esta molécula, los cuales eran capaces de contener información genética por medio de la secuencia de bases (no necesariamente las actuales), a éste le continuaría un mundo de DNA/proteínas, hasta llegar a la aparición de cianobacterias, que son los fósiles conocidos con mayor antigüedad, con una edad de 3.500 millones de años (Schopf, 1993). Se piensa que después de este evento la síntesis abiótica disminuyó, probablemente por que los compuestos producidos fueron consumidos por los primeros

organismos, también por la aparición de la capa de ozono como producto de la fotólisis del agua y del dióxido de carbono (Negrón-Mendoza, 1986), así como por la modificación del medio ambiente debido a los seres vivos.

1.2 CONDICIONES DE LA TIERRA PRIMITIVA

La Tierra al formarse, adquirió una atmósfera heredada de los gases (sobre todo H_2 y He) y polvo de la nebulosa que dio origen al sistema solar. Pero debido a la alta temperatura, provocada por el choque de meteoritos, el decaimiento radiactivo de elementos como el uranio, torio, etc., su distancia con el Sol y el intenso viento que este último emanaba, esta primera atmósfera se evaporó y disipó muy rápido (Lazcano, 1991).

Posteriormente, como resultado de las emanaciones volcánicas se formó una atmósfera secundaria que prevaleció en el período de evolución química (Negrón-Mendoza, 1986). Aunque hace algunos años se creía que esta atmósfera era reductora, hoy en día es más aceptado que tenía un carácter neutral, compuesta principalmente por bióxido de carbono, nitrógeno, (Maher y Stevenson, 1988) vapor de agua y carente de oxígeno libre.

Poco a poco la Tierra presentó procesos de enfriamiento que provocaron la condensación del agua y como consecuencia, la formación de grandes océanos que probablemente tenían temperaturas entre 55 y 100 °C, que disminuyeron lentamente con el paso del tiempo. Se ha

sugerido que el pH de los primeros océanos era cercano a 6 debido a la alta concentración de ácido carbónico en la Tierra primitiva (Walker, 1985).

En cuanto a las fuentes de energía disponibles para la síntesis de compuestos orgánicos, encontramos a la radiación UV solar, la cual, por la ausencia de la capa de ozono, llegaba en grandes cantidades a la Tierra, las descargas eléctricas, radiactividad, ondas de choque producidas por meteoros y cometas, energía sónica generada por ondas en los océanos, energía térmica y vulcanismo. La importancia de estas fuentes depende directamente de su abundancia, su distribución y eficiencia para transformar reactantes en productos y para que estos últimos puedan escapar de la acción destructiva de esta fuente (Negrón-Mendoza, 1986).

Con las fuentes de energía y las atmósferas propuestas, se han realizado numerosas simulaciones de la Tierra primitiva, éstas están encabezadas por el conocido experimento que realizó Miller (1953), en el cual siguiendo el modelo de atmósfera reductora, logró obtener compuestos de importancia bioquímica como mezclas racémicas de aminoácidos, ácidos grasos, urea y otras moléculas orgánicas pequeñas.

Cuando en las simulaciones se utiliza una atmósfera neutra, se obtienen pocos compuestos orgánicos en cantidad y variedad, pero aún así se consigue la síntesis de compuestos aminados y amoníaco.

1.3 LAS ARCILLAS COMO CATALIZADORES PREBIOTICOS

Bernal (1949) postuló que las arcillas localizadas cerca de la interfase hidrosfera-litosfera actuaron como catalizadoras, protectoras y concentradoras de las moléculas orgánicas producidas durante de la evolución química.

Pero para poder comprender el papel que éstas tuvieron, es importante entender algunos aspectos de su naturaleza.

1.3.1 ¿QUÉ SON LAS ARCILLAS?

Las arcillas son minerales naturales formados por láminas de aluminosilicatos hidratados y presentan una gran variedad de estructuras y actividad química (Domínguez y Schitter, 1992).

1.3.2 ESTRUCTURA DE LAS ARCILLAS

Las arcillas están compuestas por pilas de láminas de aluminosilicatos colocadas una sobre otra. Estas láminas están constituidas por tetraedros y octaedros, los primeros están formados de un átomo central de silicio y cuatro átomos de oxígeno en las esquinas (fig. 1), la unión de varios tetraedros origina hojas (fig. 2) y la unión de estas hojas forma una lámina tetraédrica, la cual, no forma parte de la estructura de las arcillas (fig. 3).

De manera similar se forman los octaedros, solo que estos son típicos de compuestos de aluminio e hidroxilos y la unión de estos forma una hoja de octaedros (fig. 4).

La combinación de las láminas va a dar origen y clasificación a los diferentes tipos de arcilla. Por ejemplo, el caolín que es la unión de una lámina de tetraedro y una de octaedro (1:1), o la montmorillonita que está constituida por una lámina de octaedro entre dos hojas de tetraedro (2:1) y es la estructura más compleja. Esta estructura de placas apiladas le proporciona a las arcillas una gran superficie interna, así como la presencia de bordes y canales (fig. 5) en los cuales se pueden inducir reacciones químicas.

Dependiendo del tipo de arcilla serán las propiedades de éstas, por ejemplo, algunas tienen canales con capacidad de expandirse al entrar en contacto con otras especies químicas, trayendo como consecuencia variaciones constantes en la naturaleza de la arcilla.

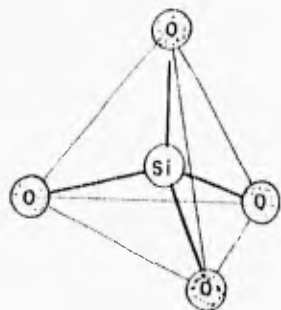


Fig. 1. Tetraedro

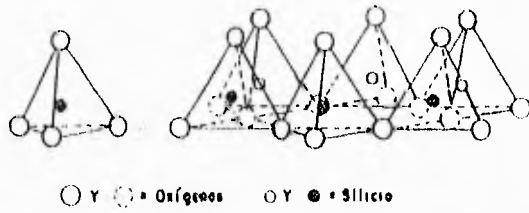


Fig. 2. Hoja de tetraedros

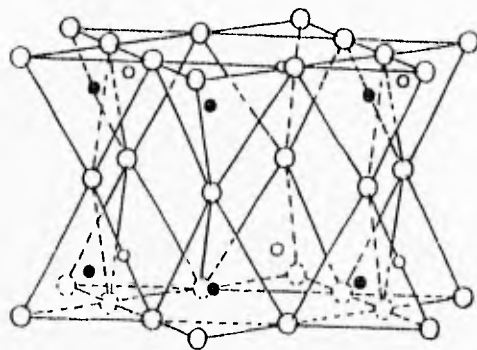


Fig. 3. Lámina tetraédrica

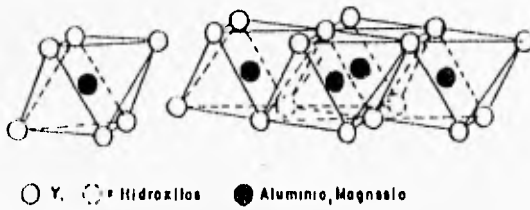


Fig. 4. a) Octaedro y b) Hoja de octaedros

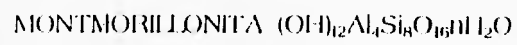
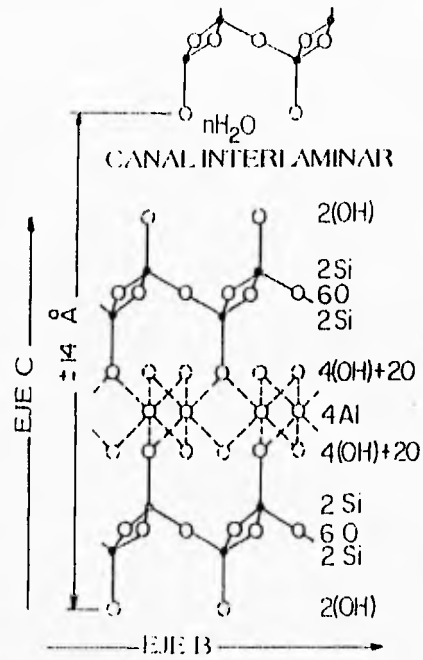


Fig. 5. Montmorillonita (estructura laminar 2:1)

1.3.3 ORIGEN DE LAS CARGAS

Algunas arcillas, entre ellas la montmorillonita, presentan cargas. El origen y posición de éstas, es muy diverso, sin embargo, se sabe que es debido a uno o más procesos (Rao, Odom y Oro, 1980).

Uno de los mecanismos productores de cargas es la sustitución isomórfica, la cual consta de un reemplazo del átomo central de silicio en la forma tetraédrica por uno de menor carga como el aluminio, o bien aluminio por magnesio en la posición octaédrica, generando de esta manera una carga negativa neta en las arcillas (Domínguez y Schifter, 1992).

Otras fuentes de cargas en las arcillas son imperfecciones en las hojas, enlaces de los bordes rotos o disociación de los hidroxilos expuestos (Swartzen y Matijevich, 1974).

Las cargas le otorgan a las arcillas propiedades superficiales de acidez, adsorción e intercambio iónico que a su vez les confieren propiedades catalíticas. En ello radica su gran importancia (Domínguez y Schifter, 1992).

1.3.4 PROPIEDADES

INTERCAMBIO IONICO

El intercambio iónico se da como resultado de las cargas superficiales de las arcillas, por lo que la magnitud de la capacidad de intercambio varía considerablemente de un tipo de arcilla a otro, e incluso varía en un mismo tipo de arcilla dependiendo del origen de ésta. El intercambio se lleva a cabo principalmente en el canal interlaminar de la arcilla el cual funciona como una resina de intercambio iónico.

ADSORCIÓN

La adsorción es otra de las importantes propiedades de las arcillas e incluye a una amplia variedad de iones orgánicos e inorgánicos, esta se puede llevar a cabo en el canal interlaminar o bien en los bordes de las arcillas, en los cuales, ya se mencionó también tienen cargas (Rao, Odom y Oro, 1980).

La adsorción ocurre primero como una reacción de intercambio iónico y depende de varios factores, entre los que se encuentran: la forma, el tamaño y carga de la molécula que será adsorbida, la naturaleza de la arcilla y el pH del medio (Lailach, Thompson y Brindley, 1968). Por ejemplo, la adsorción de ácidos orgánicos a pH alto, podría causar repulsión (en

lugar de atracción) entre la carga negativa de la arcilla y el grupo carboxilato (COO) del ácido (Rao, Odom y Oro, 1980).

En la naturaleza se adsorben iones como Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} y cationes básicos como $(\text{Al}(\text{OH})_x(\text{H}_2\text{O})_y)^{m+}$ o $(\text{Fe}(\text{OH})_x(\text{H}_2\text{O})_y)^{m+}$, éstos actúan como contraión neutralizando las cargas negativas de las arcillas.

Generalmente, la adsorción de las moléculas orgánicas puede ser mediante fuerzas de van der Waals, ión-dipolo, coulombicas o entre puentes de hidrógeno con la red de la arcilla (Rao, Odom y Oro, 1980). Las moléculas orgánicas también pueden formar complejos con el contraión de la arcilla o si son iones orgánicos pueden presentar intercambio iónico con el ión original.

La adsorción de moléculas orgánicas trae como consecuencia una expansión en la estructura laminar de las arcillas por que la distancia entre láminas se modifica. El cambio depende de la carga laminar de cada arcilla, ya que según el valor de ésta, es el acomodo que la molécula adsorbida presenta. Por ejemplo, cuando la carga es baja, la molécula se acomoda paralelamente a las láminas de la arcilla y conforme aumenta la carga, la cadena se va levantando hasta quedar perpendicular a las láminas (fig. 6). Este último acomodo, da mayor estabilidad a la molécula adsorbida, debido a que sus grupos activos son inaccesibles a agentes externos y con ello son inactivados por la misma arcilla (Domínguez y Schifter, 1992).

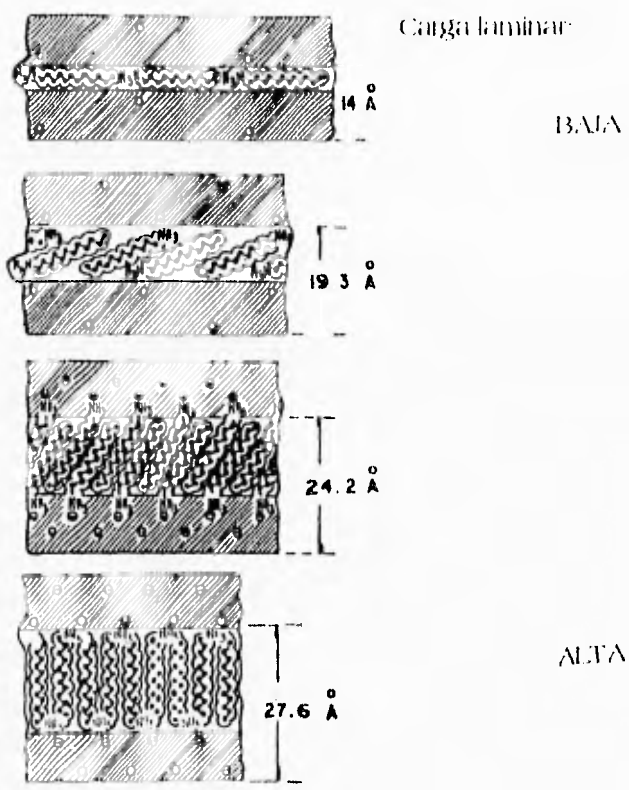


Fig. 6. Acomodo de las moléculas adsorbidas de acuerdo a la carga laminar

ACIDEZ

Las superficies de las arcillas se pueden comportar como ácido Lowry-Brønsted (donador de un protón) o ácido de Lewis (aceptor de un par de electrones) o bien como una mezcla de estos (Rao, Odom y Oró, 1980).

El comportamiento de la arcilla va a depender del catión presente en los sitios de intercambio, los sitios ácidos de Lowry-Brønsted, surgen de iones de hidrógeno ocupando los sitios de intercambio o bien por la disociación del agua asociada a cationes intercambiables. Los sitios ácidos de Lewis se presentan en sitios donde el catión estructural está expuesto y disponible para aceptar electrones. Otro factor que influye es el grado de hidratación de la arcilla ya que la acidez se incrementa con la disminución en la cantidad de agua interlaminar (Pannavaia y Mortland, 1986). Finalmente influyen la naturaleza, el origen y el pH de la solución en la que se encuentra la arcilla (Rao, Odom y Oró, 1980).

CATALISIS

Ya que las arcillas presentan un carácter ácido, es posible que en su superficie se lleven a cabo reacciones de oxido-reducción o interacciones ácido-base. Por este motivo se dice que las arcillas pueden mostrar propiedades catalíticas.

1.3.5 RELEVANCIA GEOLÓGICA

Las arcillas estuvieron presentes temprana y ampliamente en la Tierra primitiva; por ello, seguramente tuvieron influencia en los procesos de evolución química (Rao, Odom y Oró, 1980). Incluso se han encontrado arcillas coexistiendo con compuestos orgánicos en meteoritos carbonáceos y se ha propuesto que se pueden encontrar en otros planetas como Marte (Cairns-Smith y Hartman 1986).

1.3.6 IMPORTANCIA DE LAS ARCILLAS EN LA NATURALEZA

Las arcillas "son los componentes del suelo que provocan la mayor influencia en su productividad" (Domínguez y Schifter, 1992), son controladoras de muchas propiedades químicas y físicas del suelo. Debido a la atracción de los iones en su superficie, protegen a los minerales, necesarios para la nutrición vegetal de la erosión pluvial y de esta manera constituyen un almacén de nutrientes minerales para las plantas. Otra propiedad importante es la estructura laminar que presentan, ya que permite el almacenamiento de agua en el espacio interlaminar, formando así agregados lodosos difíciles de romper, resistiendo a los efectos mecánicos destructivos (Buckman y Brady, 1977).

Las arcillas arcaicas también contribuyeron en un aspecto muy importante para la economía contemporánea.

participando en la formación de alcanos lineales componentes del petróleo.

Estos minerales han tenido varias aplicaciones tecnológicas, por ejemplo, actuando como aglutinante de pastillas (de uso farmacéutico y veterinario) que al entrar en contacto con los jugos gástricos se expande y la desintegran.

El papel de las arcillas en la industria de catalizadores ha sido tan grande que incluso se ha logrado hacerles modificaciones para lograr transformaciones químicas para invertir la menor cantidad de energía y aumentar el rendimiento en productos, impidiendo reacciones secundarias (Domínguez y Schifter, 1992).

1.3.7 RELACIÓN DE LAS ARCILLAS CON ESTUDIOS DE EVOLUCIÓN QUÍMICA

Después de haber revisado brevemente las características que presentan las arcillas, no es difícil imaginarse el papel que éstas pudieron haber presentado en el período de evolución química.

Las arcillas pudieron haber actuado como "pseudoenzimas" que tenían la capacidad de facilitar reacciones de condensación y polimerización necesarias para formar compuestos de importancia biológica (Pinnavaia y Mortland, 1986).

Las arcillas, como se sabe, son capaces de adsorber monómeros y pudieron concentrar moléculas traza presentes en los océanos primitivos y al mismo tiempo brindar una protección a los productos adsorbidos de la degradación provocada por algunas fuentes de energía de aquel período.

También se ha propuesto que la superficie de las arcillas puede servir como un molde para la adsorción específica y replicación de las moléculas orgánicas.

Para poner a prueba las propiedades de las arcillas, se han realizado varios trabajos, en los cuales se han utilizado principalmente las arcillas montmorillonita y caolinita debido a que su estructura facilita la catálisis de los compuestos que son adsorbidos en ellas (Negrón-Mendoza, Albarrán y Ramos-Bernal, 1992).

1.3.8 TRABAJOS RELACIONADOS CON EL PAPEL PREBIOTICO DE LAS ARCILLAS

Varios autores (Rao, 1980 y Ponamperuma, 1982, entre otros) han llevado a cabo grandes revisiones de los múltiples y variados trabajos realizados en torno al papel de las arcillas en evolución química. En la tabla 1 se citan algunas investigaciones, de las cuales podemos destacar los siguientes aspectos:

-Las purinas se adsorben más fuertemente en las arcillas que las pirimidinas, cuya adsorción es débil (Lailach, Thompson y Brindley, 1968).

-El ión intercambiable presente en las arcillas influye directamente en la capacidad de adsorción de moléculas importantes para el estudio de evolución química (Lawles y Edelson, 1980).

-Muchas arcillas no adsorben biomonómeros al pH propuesto para los océanos primitivos (Lawles y Edelson, 1980)

-La adenina puede presentar una protonación causada por la acidez de la arcilla (Montmorillonita) aun a pH 6.8 y adsorbirse hasta un 98% a 4 °C, mostrando también que la temperatura influye en la capacidad de adsorción de una arcilla (Ferris, Ertem y Agarwal, 1989).

Como se puede ver, en estos trabajos se han utilizado diversas arcillas como montmorillonita y caolinita con diferentes condiciones superficiales. También es común encontrar una gran variedad de cationes intercambiables como Na^+ , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , Co^{2+} , entre otros. Debe tomarse en cuenta en la experimentación con arcillas que el Na^+ es 10^6 veces más abundante en la Tierra que el Zn^{2+} y éste a su vez más abundante que el Cu^{2+} , Mn^{2+} y Co^{2+} . (Mosqueira, Albarrán y Negrón-Mendoza, 1996).

Otra situación encontrada en los trabajos es la presencia de soluciones amortiguadoras para mantener un valor determinado de pH, así como la adición de sales (Ferris y Hagan.1986). Estos, pueden provocar fenómenos de coadsorción, que impiden ver la relación natural del adsorbato con la arcilla.

Aunque la adsorción de compuestos orgánicos ha sido ampliamente estudiada, aun existen muchas incógnitas en esta área del conocimiento, entre ellas, no se sabe en qué sitio de la arcilla se llevan a cabo estos procesos de adsorción. Por ejemplo, en la arcilla montmorillonita existe la posibilidad de que estas moléculas se adsorban en el canal interlaminar o bien en las orillas de ésta.

TABLA I
ALGUNOS ESTUDIOS REALIZADOS CON ARCILLAS

Arcillas	Reactantes	Estudio sobre :	Ión intercambiable	pH	Adición de sustancias	Referencias .
Caolinita Montmorillonita	aa	Condensación de aa	Cl ⁻	-	-	Flegman y Schofield, 1978
Montmorillonita	Alcoholes monohidricos	Relación arcilla-material orgánico	Ca ²⁺	-	-	Brindley y Satyabrata 1964
Montmorillonita	HCN	Adsorción y transformación	Cu ²⁺ y Ca ²⁺	-	-	Cruz, Kaiser, Rouxhet y Fariat 1974
Vermiculita	Aminohidro cloruro	Complejo vermiculita-alquilamonio	Li ⁺	-	-	Johns y SenGupta 1967.
Montmorillonita	Purinas y Pirimidinas y Nucleosidos	Adsorción	Co ²⁺ , Ni ²⁺ , Cu ²⁺ y Fe (III)	2 a 12	a pH 2 buffer HCl-KCl	Laliach, Thompson y Brindley, 1968
Bentonita	5'-AMP	interacción de 5'AMPc/ Bentonita homoiónica	Na ⁺ , K ⁺ , Li ⁺ , Mg ²⁺ , Co ²⁺ , Ni ²⁺ , Cu ²⁺ , Zn ²⁺	7.5	-	Lawles y Edelson 1980
Montmorillonita	Acido acético	Efecto de la radiación en Ac. acetico adsorbido	Na ⁺	2-4	-	Ramos- Bernal y Negrón-Mendoza 1992

Continuación TABLA I.

Arcillas	Reactantes	Estudio sobre:	Ión intercambiable	pH	Adición de sustancias	Referencias
Montmorillonita	Nucleótidos de adenina	Adsorción y reacción	Zn ²⁺	3.5	PIPES, MES	Ferns y Hagan
Montmorillonita	Nucleótidos y polinucleótidos	Adsorción	Na ⁺	6.8 y 8.0	PIPES	Ferns, Entem y Agarwal 1989
Hectorita Caolinita Montmorillonita	Bases orgánicas	Protonación	H ⁺ , Fe ³⁺ , Na ⁺ K ⁺ , Mg ²⁺ , Ca ²⁺	2.7 a 7.2	-	Kanchoff y Bailey, 1975

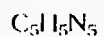
1.4. ADENINA Y POLIA

En el presente trabajo se observó la adsorción en una arcilla de las siguientes moléculas

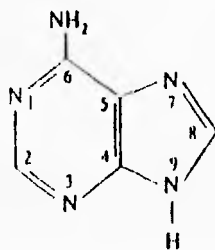
ADENINA

La adenina o 6-aminopurina es una unidad estructural de los ácidos nucleicos (DNA y RNA) en los que se guarda la información genética de los seres vivos (Lehringer, 1983).

Fórmula condensada:



Fórmula desarrollada:

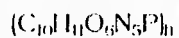


135.12 g/mol

POLIA

El ácido poliadenílico o poli A es un polímero en donde el grupo 5'-hidroxilo de pentosa de un nucleótido está unido al grupo 3'-hidroxilo del nucleótido siguiente por un enlace fosfodiéster. Esta molécula puede considerarse como un RNA mensajero artificial que contiene muchos tripletes AAA (de adenina) consecutivos, con lo que codificaría para otro polímero, la polilisina (Lehninger, 1983).

Fórmula condensada:



Fórmula desarrollada:



1.5 OBJETIVOS

- Estudiar la adsorción en montmorillonita de sodio de adenina y ácido poliadenílico (poli A) como representantes de purinas (un monómero y su polímero) ya que estas se adsorben con mayor facilidad que las pirimidinas y esto nos facilita su análisis.

- Trabajar con un ión intercambiable que sea común en la naturaleza, por lo cual se usará sodio, el cual es el catión predominante asociado con las arcillas en equilibrio con el agua de mar.

- Dilucidar sitios y mecanismos de adsorción de la adenina y el poli A en la arcilla montmorillonita de sodio.

CAPITULO 2

METODOS EXPERIMENTALES

Con la finalidad de discriminar sitios de adsorción de adenina y poli A en montmorillonita de sodio, se realizaron bloqueos selectivos en el canal interlamilar y en los bordes de la arcilla.

2.1 REACTIVOS Y SOLVENTES

Los reactivos utilizados fueron adenina, ácido polifenólico (poli A), polifosfato de sodio y Bromuro de hexadeciltrimetilamonio (HDTMA), todos de la marca Sigma con la mayor pureza encontrada, sin ningún proceso de purificación adicional.

Los solventes empleados fueron etanol y cloruro de metilo marca Merck, además se usaron soluciones de ácido clorhídrico 0.01 M (pH 2), y KOH 1×10^{-3} M, todos con la pureza mas alta encontrada en el mercado.

Todas las soluciones fueron preparadas con agua destilada y deionizada.

La arcilla utilizada fue Montmorillonita de sodio SWy-1, proveniente del depósito de arcillas minerales del departamento de Geología de la Universidad de Missouri, Culombia Missouri 165211 USA. Esta arcilla tiene una capacidad de intercambio catiónico de 101 meq/g (dato obtenido por el Instituto Mexicano de Petróleo).

2.2 ADSORCION DE ADENINA Y POLI A A DIFERENTES CONCENTRACIONES

ADENINA

Se prepararon soluciones de adenina a pH 2 con la solución de HCl en las siguientes concentraciones 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , 7×10^{-4} , 5×10^{-4} , 3×10^{-4} y 1×10^{-4} M, a partir de una solución 5×10^{-3} M preparada en KOH 1×10^{-3} M. Se utilizó pH 2 debido a que en trabajos anteriores se observó que a este valor el porcentaje de adsorción es muy alto (Perezgasga, 1996).

En tubos de centrifuga de 13 x 51 mm Beckman, se suspendió 0.1 g de montmorillonita de sodio en 3 ml de cada una de las soluciones de adenina.

Estas muestras se agitaron durante una hora, en un agitador Labline 3520 a 1500 rpm, el tiempo fue elegido en base a experimentos realizados a diferentes intervalos de tiempo, en los que se observó que a 1 hora de agitación ya se llegaba a un equilibrio de máxima adsorción. Enseguida se llevaron a una centrifuga Internacional modelo UV, donde se

centrifugaron durante 15 minutos a 20,000 rpm. De los sobrenadantes se realizaron diluciones 1:10 y se cuantificó su absorbancia a 260 nm. La arcilla precipitada se dejó secar y posteriormente se molió en un mortero de cuarzo para hacerle estudios en IR, rayos X y aniquilación de positronio (Fig. 7).

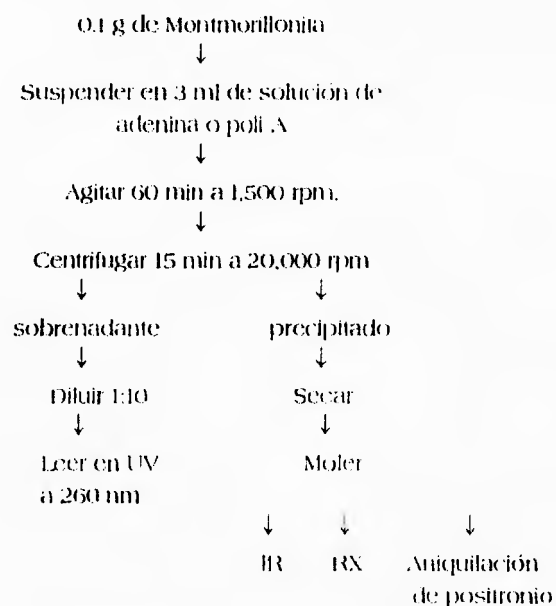


Fig. 7. Diagrama de flujo utilizado para evaluar la adsorción de adenina y poli A en montmorillonita.

POLIA

Debido a la baja solubilidad de poli A a pH ácido, se trabajó con soluciones de concentraciones 2×10^{-6} , 3×10^{-6} , 4×10^{-6} y 5×10^{-6} M, estas se prepararon en una solución de KOH 1×10^{-3} M y se les ajustó a pH 3 con HCl diluido.

Posteriormente, para llevar a cabo su adsorción en monimorillonita de sodio se siguieron los mismos pasos que con adenina (ver figura 7).

2.3 BLOQUEO DEL CANAL INTERLAMINAR DE LA MONTMORILLONITA

Para bloquear el canal interlaminar de la arcilla se utilizó el ión orgánico bromuro de hexadeciltrimetilamonio (HDTMA), ya que debido a su gran tamaño es difícil o imposible su desplazamiento (Grim, 1968). Considerando la carga laminar de la arcilla, se espera una adsorción del HDTMA como la que se muestra en la figura 8 (Brindley y Brown, 1980).

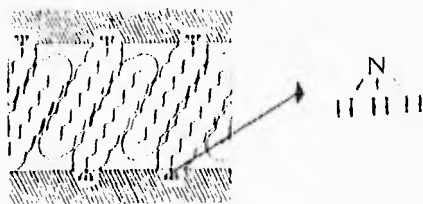


Fig. 8. Acomodo esperado para el HDTMA en la arcilla.

Debido a que se conoce la capacidad de intercambio catiónico que la arcilla presenta (101 meq/g), se calculó la cantidad de HDTMA necesaria para realizar bloqueos a diferentes porcentajes, comprendidos entre 50 y 300 %.

Para llevar a cabo estos diferentes porcentajes de bloqueo, se pesó el HDTMA necesario para cada uno de ellos (ver tabla II), se diluyó en etanol y a este se le agregó poco a poco la arcilla necesaria. Posteriormente se agitó durante 3 horas a 1,500 rpm, después se centrifugó 15 minutos a 20,000 rpm, se tiró el sobrenadante y se enjuagó la arcilla con etanol (para eliminar el bloqueador no adsorbido) agitándola durante 20 minutos y se volvió a centrifugar, se dejó secar la arcilla y se molió en un mortero de cuarzo (fig. 9).

TABLA II
HDTMA necesario para realizar bloqueos en el canal interlamilar a diferentes porcentajes en 1g de arcilla.

% de bloqueo	HDTMA (en g)
50	0.25
72	0.36
87	0.435
93	0.4675
100	0.5
200	1
300	1.5

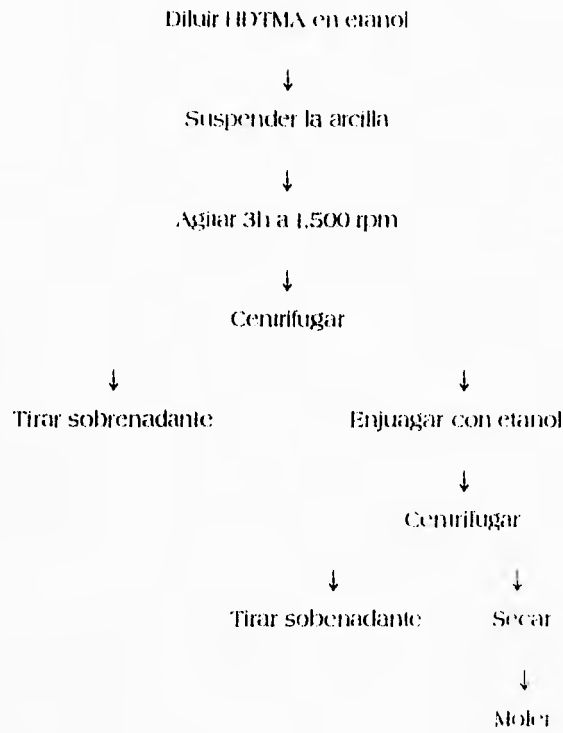
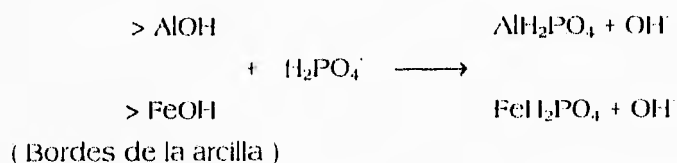


Fig. 9. Bloqueo del canal interlaminar de la arcilla. Diagrama de flujo.

2.4 BLOQUEO DE LOS BORDES DE LA MONTMORILLONITA

CON POLIFOSFATO DE SODIO

Los fosfatos se adhieren a los bordes de la arcilla evitando que otras moléculas sean adsorbidas en esta región:



Se trabajó con soluciones de polifosfato de sodio en concentraciones 0.01 y 0.05 M a pH 6. Se suspendieron 3 g de arcilla en 2 ml de cada una de las soluciones de polifosfato, se agitaron durante 1 hora a 1,500 rpm y se procedió a centrifugarlas hasta obtener dos fases, se decantó para separar la fase sólida y ésta se lavó con agua agitando nuevamente durante 1 hora, se volvió a centrifugar, se dejó secar la arcilla y se molió (fig. 10).

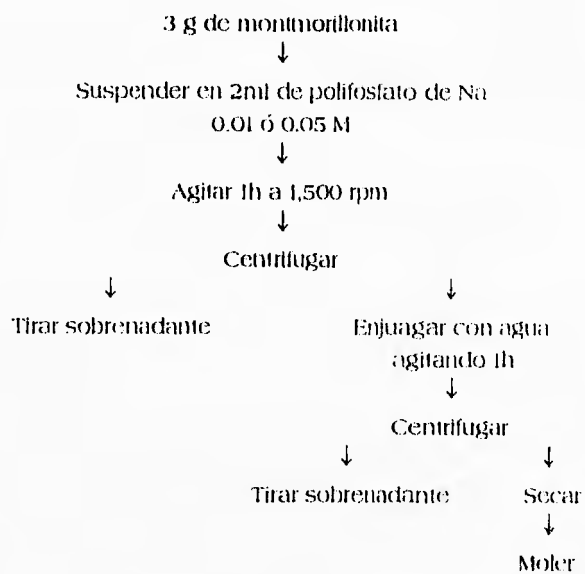


Fig. 10. Bloqueo de bordes con polifosfato de sodio. Diagrama de flujo

2.5. ADSORCIÓN DE ADENINA Y POLI A EN ARCILLAS BLOQUEADAS

Se trabajó con soluciones de adenina y poli A, de las cuales se eligieron algunas concentraciones representativas y

estas se aplicaron a las diferentes arcillas bloqueadas siguiendo los mismos pasos que se muestran en la figura 7.

2.6 ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS

2.6.1 UV

Para cuantificar la adsorción de adenina y poli A en la arcilla, se realizó espectrofotometría utilizando un equipo Perkin Elmer visible/UV modelo 553.

Se realizó un barrido de estas purinas en el equipo, obteniendo un máximo de absorbancia a 260 nm (fig. 11), por lo que todas las muestras se leyeron en esta longitud de onda.

Se hicieron lecturas de las soluciones sin tratar y de los sobrenadantes de las soluciones tratadas (todas diluidas 1:10) para obtener el porcentaje de adsorción de la siguiente manera:

$$(\text{Abs. m} / \text{Abs. p}) \times 100 = \% \text{ p en s}$$

$$100 - \% \text{ p en s} = \% \text{ p ads}$$

donde:

- Abs. m = absorbancia de purinas tratadas.
- Abs. p = absorbancia de purinas sin tratar (a la misma concentración que Abs. m).
- % p en s = porcentaje de purinas en el sobrenadante.
- % p ads = porcentaje de purinas adsorbidas en la arcilla.



Fig. 11. Absorbancia de adenina y poli A en espectrofotómetro de luz visible-UV

2.6.2 Rayos X

Con esta técnica se midió la distancia interlaminar de la arcilla. El análisis se llevó a cabo en un difractómetro de rayos X Siemens D500 (filtro de radiación Cu K α) con un lector digital de ángulo 2 θ .

2.6.3 IR

Las muestras de las arcillas se analizaron en un espectrofotómetro de infrarrojo Perkin Elmer modelo 1600 FTIR, con pastillas de 2 mg de arcilla y 100 mg de KBr y bajo la técnica de ATR (reflectancia total atenuada). Los datos obtenidos fueron analizados mediante el programa de Perkin Elmer.

Esta técnica se realizó con la finalidad de verificar si los reactivos utilizados interactuaron con la red de la arcilla.

2.6.4 ANIQUILACION DE POSITRONIO

Con el objeto de conocer si en efecto, el HDTMA que se utilizó para bloquear el canal interlaminar, reducía el volumen interno de la arcilla bloqueada en relación a la arcilla sin tratamiento previo, se usó la técnica de aniquilación de positronio. El fundamento de ésta deriva en la formación de una entidad resultado de la asociación electrón-positrón

llamada positronio, ésta se forma cuando una fuente de ^{22}Na por decaimiento radiactivo emite un β^+ . éste se mezcla con la muestra, se expande en un contenedor de aluminio y se coloca conectado a dos detectores de radiación y en coincidencia (López, 1995), el radionúclido interacciona con los electrones del medio en que se libera y que es la muestra en estudio. El positronio tiene una vida muy corta la cual se ve afectada cuando el positronio interacciona con la materia ya que esto ayuda a que se aniquile, al desaparecer lo hace en forma de dos radiaciones γ de 0.51 MeV.

CAPITULO 3

RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 ADSORCION EN ARCILLA

Espectrofotometría de luz UV / visible

Los datos obtenidos muestran que la adsorción de adenina a pH 2 y poli A a pH 3 en montmorillonita de sodio es superior al 90% aun variando la concentración de estas, como lo muestra la tabla III.

TABLA III
 Adsorción de adenina (a pH 2) y poli A (a pH 3) a diferentes
 concentraciones en montmorillonita de sodio

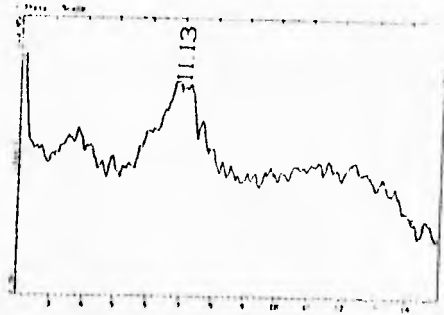
CONCENTRACION (mol/l)		% adsorbido en la arcilla
Adenina	1×10^{-3}	97.65
	7×10^{-4}	98.80
	3×10^{-4}	96.80
	1×10^{-4}	94.70
	5×10^{-5}	95.80
	1×10^{-5}	91.00
Poli A	2×10^{-6}	97.55
	2.5×10^{-6}	96.86

Rayos X

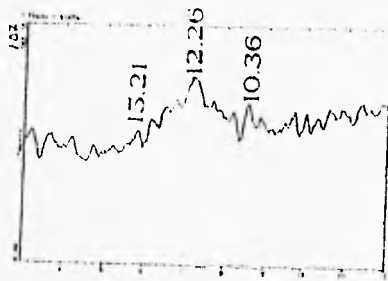
Los estudios de rayos X, realizados a las arcillas tratadas, nos muestran las modificaciones que sufre el canal interlaminar al entrar en contacto con adenina y poli A (fig. 12).

La distancia del canal interlaminar de la arcilla sin tratar es de 11.13 Å (fig. 12a), al adsorber adenina, la distancia del canal se ve modificada a 12.26 Å (fig.12b), lo cual nos muestra que la adenina está entrando en él, perturbando su distancia. Cuando la arcilla adsorbe poli A, la distancia del canal se modifica a 12.72 Å (fig. 12c), esta perturbación puede deberse a impurezas del poli A, ya que debido al tamaño y estructura de la

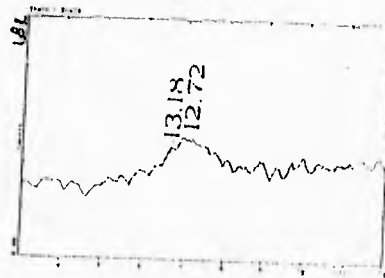
molécula, si ésta entrara al canal provocaría una mayor apertura de este.



a)



b)



c)

Fig. 12. Rayos X de la montmorillonita:
a) sola, b) con adenina y c) con poli A.

Espectrofotometría en el infrarrojo

Las bandas características que presenta la montmorillonita de sodio (fig. 13) son en la región 3625 cm^{-1} , dada por los Si-OH de las láminas. También encontramos la banda de la región 3460 cm^{-1} , correspondiente a los grupos OH de la superficie. Otra banda interesante es la de Si-O en la región 1075 cm^{-1} . Además existe la presencia de bandas características del agua asociada, en la región 1640 cm^{-1} . Aparecen pequeñas bandas en las regiones 920 , 880 y 840 cm^{-1} debidos a los OH asociados con Al^{3+} , Fe^{3+} y Mg^{2+} .

El espectro de la montmorillonita de sodio con adenina adsorbida (fig. 14), muestra un ensanchamiento del pico de la región $3410\text{-}3450\text{ cm}^{-1}$, por la presencia de los grupos NH_2 de la base. También nos muestra un corrimiento de la banda Si-O, de la región 1075 cm^{-1} a 1046 cm^{-1} debido a la interacción de la adenina con la red de la arcilla.

La arcilla con poli A, muestra un espectro (fig. 15), en donde aparecen picos nuevos en la región $1740\text{-}1600\text{ cm}^{-1}$ característicos de las vibraciones de los grupos fosfato. También aparece el ensanchamiento de la banda $3600\text{-}3400\text{ cm}^{-1}$, por los grupos NH y por el OH asociado a la ribosa, debido a que ambos vibran cercanos a esta región. Se presentan los corrimientos de las bandas 1075 a 1048 cm^{-1} y de la banda pequeña 1011 cm^{-1} , correspondiente al aluminio de las orillas de la arcilla, lo cual nos muestra una interacción del poli A con estas últimas.

En resumen, tanto para la adenina como para el poli A, los infrarrojos muestran bandas nuevas y corrimientos de las que ya estaban presentes, indicando una interacción arcilla-substrato.

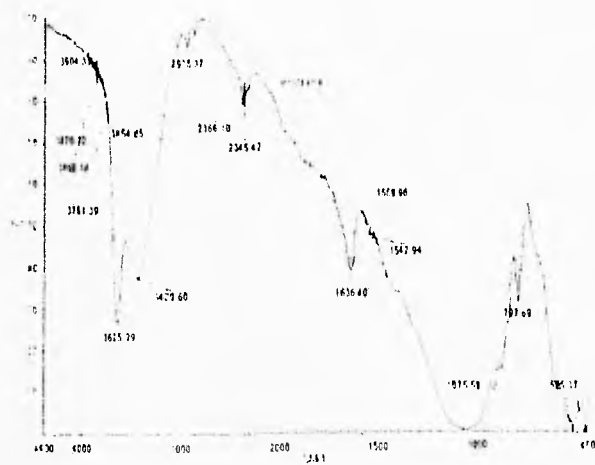


Fig. 13. Espectro en el infrarrojo de la montmorillonita de sodio

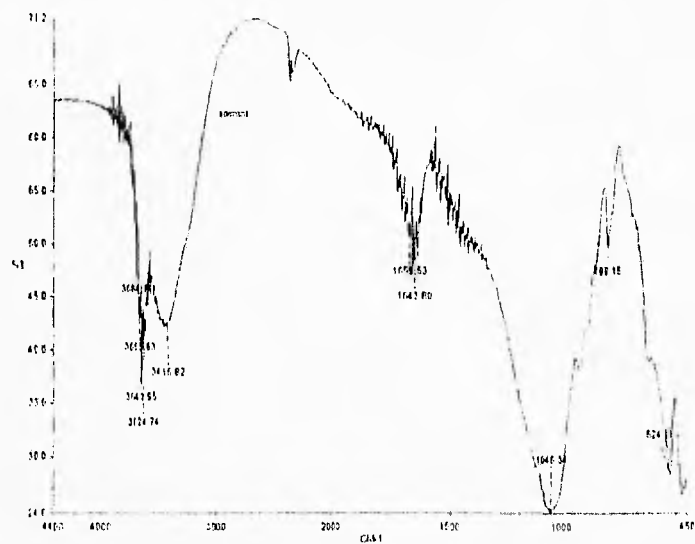


Fig. 14. Espectro en el infrarrojo de la montmorillonita con adenina.

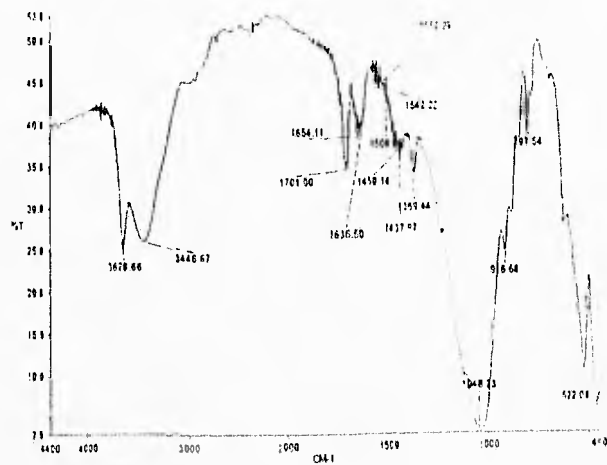


Fig. 15. Espectro en el infrarrojo de la montmorillonita con poli A.

3.2 ADSORCION EN LA ARCILLA CON EL CANAL INTERLAMINAR BLOQUEADO

Espectrofotometría de luz UV / visible

Se cuantificó la adsorción de adenina 1×10^{-3} M en las arcillas bloqueadas en diferentes porcentajes. Como lo muestra la tabla IV se presenta una adsorción superior al 90% aun en la arcilla con un bloqueo del 74% de sus meq teóricos y conforme aumenta el porcentaje de bloqueo, la adsorción va disminuyendo hasta llegar a aproximadamente el 30%, este valor ya no varía aun cuando el bloqueo es superior al 300% (fig. 16).

TABLA IV.
Adsorción de adenina 1×10^{-3} M en arcillas con el canal interlaminar bloqueado en diferentes porcentajes

% de meq bloqueados en el canal interlaminar	% de adsorción en la arcilla
0	98.00
50	98.23
74	95.05
87	54.00
100	36.00
200	36.90
300	29.50
saturado	29.88

Los valores de la tabla IV nos muestran una adsorción de adenina (así como de HDTMA) mayor a la capacidad de meq teóricos de la arcilla, esto se debe a que no solamente se presenta adsorción por intercambio iónico, existen otros factores como las fuerzas de van der Waals, coulombicas, ión dipolo o puentes de hidrógeno que intervienen en este fenómeno (Rao, Odom y Oro, 1980), también es posible que las moléculas de adenina estén entrando dentro de las cadenas del bloqueador o pegándose en otro sitio que no es necesariamente el canal interlaminar.

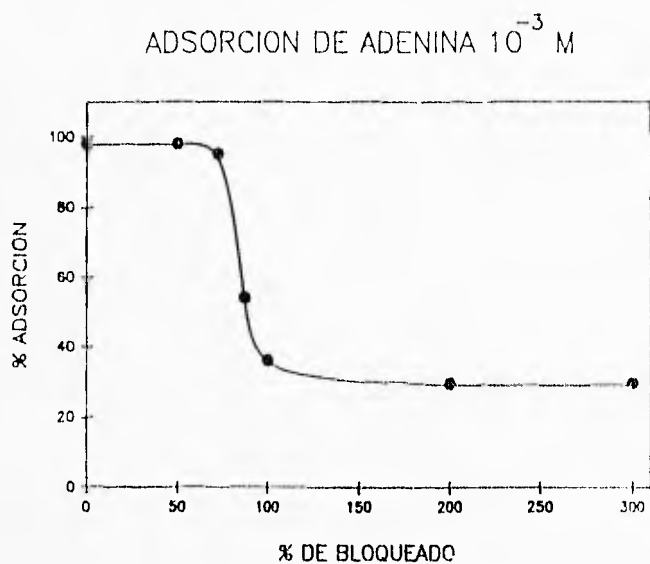


Fig. 16. Adsorción de adenina en arcilla con diferentes porcentajes de bloqueo

TABLA V
Adsorción de adenina en varias concentraciones en
arcillas con diferentes porcentajes de bloqueo.

[I] de adenina mol l	% adsorción en arcilla 50%	% adsorción en arcilla 100%	% adsorción en arcilla 300%
5×10^{-3}	32.75	16.95	10.70
1×10^{-3}	98.73	36.00	29.50
7×10^{-4}	95.40	53.10	46.00
5×10^{-4}	98.45	58.50	51.50
3×10^{-4}	99.50	63.60	63.70
1×10^{-4}	95.40	87.80	90.50
5×10^{-5}	96.20	95.60	*****
1×10^{-5}	*****	97.42	*****

En la tabla V se observa que conforme disminuye la concentración de adenina el porcentaje de adsorción aumenta, mostrando que por muy diluidas que estén las moléculas de adenina, siempre van a ocupar los sitios que queden disponibles en la arcilla.

En cuanto al poli A, la adsorción que muestra a una concentración de 2×10^{-6} M en arcillas con diferente porcentaje de bloqueo es en todos los casos superior al 95% sin presentar una clara diferencia (ver tabla VI), pero esto se debe a que la concentración es muy baja y por eso fácilmente puede ocupar los sitios que quedan disponibles, o bien a que

este no se está adsorbiendo en el canal de la arcilla sino en los bordes de ésta. Al aumentar la concentración de poli A, el porcentaje de adsorción disminuye debido a que los sitios a ocupar son limitados, pero al aumentar el porcentaje de bloqueo en la arcilla, la adsorción aumenta, lo cual probablemente se deba a que se está coadsorbiendo con el bloqueador (HDTMA), cuando la concentración de poli A es de 5×10^{-6} este comportamiento no queda muy claro y pareciera que la adsorción disminuye al bloquear la arcilla a más de 100%, esto puede deberse a la dificultad de realizar un buen análisis debido a la baja solubilidad del poli A a pH ácido y no a que en realidad la adsorción disminuya.

TABLA VI

Adsorción de poli A en varias concentraciones en arcillas con diferentes porcentajes de bloqueo.

(l) de poli A mol/l	% adsorción en arcilla 50%	% adsorción en arcilla 100%	% adsorción en arcilla 300%
2×10^{-6}	96.00	96.00	96.20
3×10^{-6}	45.00	75.90	86.65
4×10^{-6}	50.00	68.60	70.04
5×10^{-6}	36.06	64.00	59.30

Rayos X

Los estudios de rayos X nos muestran que el canal interlaminar de montmorillonita al adsorber los diferentes porcentajes de HDTMA sufre una apertura gradual hasta alcanzar 18.11 Å cuando el bloqueo es de 300% (fig. 17a). Este incremento y la carga residual de este tipo de arcilla que es de 0.33 (Domínguez y Schifter, 1992) indican que probablemente el HDTMA entre con cierto ángulo de inclinación en el canal interlaminar como se muestra en la figura 8.

Una nueva apertura se manifiesta cuando la arcilla bloqueada al 100% adsorbe adenina, de tener una apertura de 15.09 Å alcanza una distancia interlaminar de 16.66 Å (fig. 17b), esto es una evidencia de que la adenina sí está penetrando en el canal, aun cuando éste esté bloqueado y no necesariamente es por intercambio iónico. En cambio, cuando la molécula adsorbida es poli A, el canal interlaminar permanece con una apertura de 15.04 Å (fig.17c), siendo un indicio de que esta molécula no se está adsorbiendo en él.

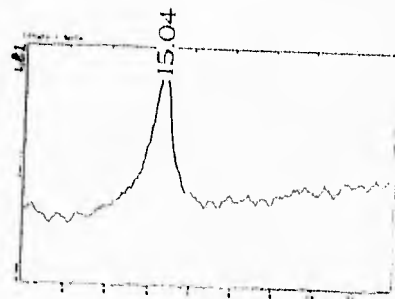
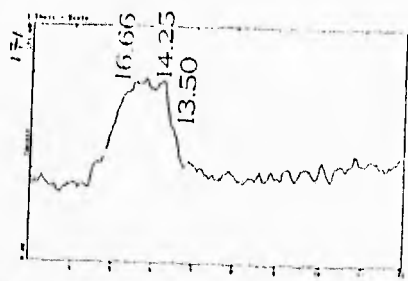
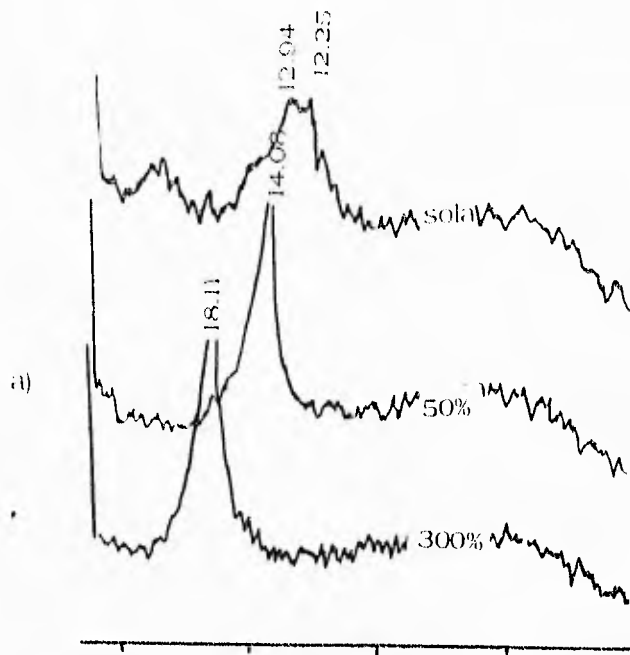


Fig. 17 Rayos X de la montmorillonita con
 a) HDTMA, b) HDTMA y adenina y c) HDTMA y poli A.

Espectrofotometría en el infrarrojo

Después del bloqueo del canal interlamilar de la arcilla con HDTMA, los espectros (fig. 18) muestran la aparición de 2 picos característicos en la región 2928 y 2853 cm^{-1} , pertenecientes a la vibración de esta molécula. Desaparece la banda 1636 cm^{-1} y hay un corrimiento de la banda 1075 a 1052 cm^{-1} .

Al adsorber adenina en la arcilla bloqueada (fig. 19), aparece un ensanchamiento de la banda 3600-3400 cm^{-1} por la presencia de los grupos amino (NH_2) de la adenina, mostrando de esta manera que aun con bloqueador existe una interacción de la adenina con la red de la arcilla.

Cuando la adsorción en la arcilla es de poli A, el espectro muestra las bandas características de los fosfatos, en la región 1740-1600 cm^{-1} , debida a la interacción con la red de la arcilla.

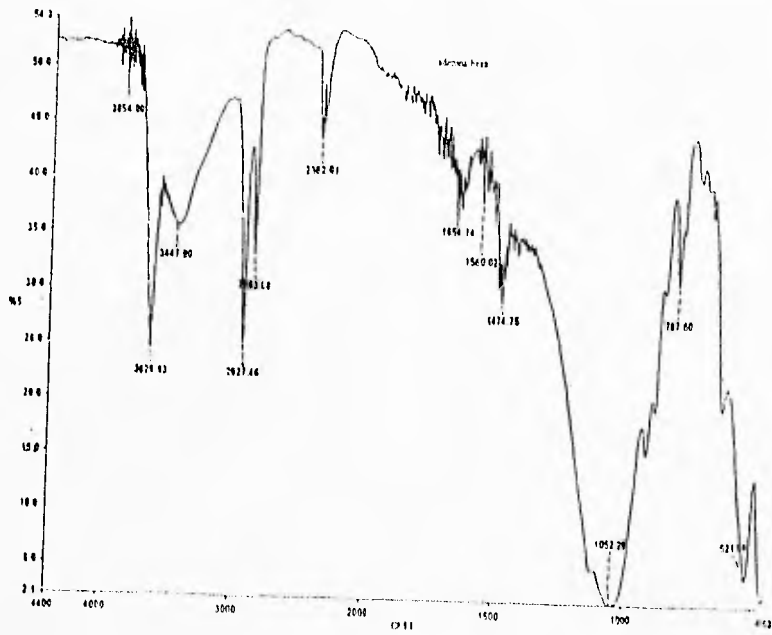


Fig. 18. Espectro en el infrarrojo de la montmorillonita con EDTMA.

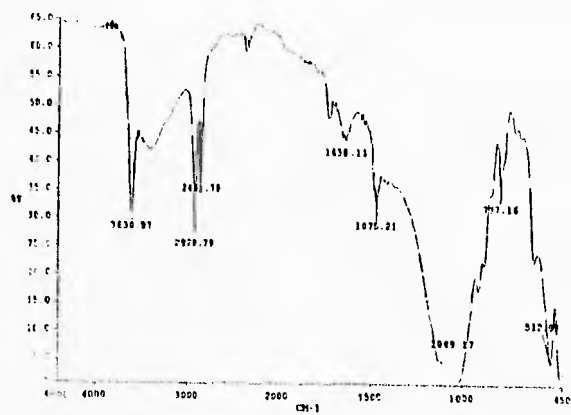


Fig. 19. Espectro en el infrarrojo de la montmorillonita con EDTMA y adenina.

Aniquilación de positronio

Los resultados obtenidos mediante la vida media del positronio nos indican que el volumen interno de la muestra con bloqueador disminuye en relación al de la arcilla sin tratamiento debido a que en ésta la intensidad de formación de positronio es mayor, mostrándonos que el HDTMA está ocupando y de esta manera bloqueando el espacio disponible en la arcilla.

3.3 ADSORCIÓN EN LA ARCILLA CON LOS BORDES BLOQUEADOS

Espectrofotometría de luz UV / visible

Las soluciones de poli A al entrar en contacto con la arcilla bloqueada con polifosfatos experimentan un cambio en su pH, alcanzando este un valor de 6. El problema que surge con este aumento es que la adsorción de poli A a pH 6 en arcillas sin bloquear es tan bajo (5% de adsorción) que no permite percibir claramente las diferencias entre la adsorción en arcilla sin bloquear y en arcilla bloqueada en la que el porcentaje de adsorción es 0.

Los fosfatos, van a inhibir en cierto grado algunos sitios de adsorción de adenina, ya que el porcentaje de adenina 1×10^{-3} M disminuye a 60% de adsorción. En la figura 20 se presenta una comparación de la adsorción de adenina en arcilla sin tratar, arcilla con polifosfato y arcilla con HDTMA, se puede ver que la

adsorción a 60 minutos en la arcilla con HDTMA es de aproximadamente 40%, en la arcilla con polifosfato es superior al 60% y en la arcilla sin bloquear es muy cercana al 100%. Se puede notar que ambos bloqueadores inhiben la adsorción de la adenina, pero si se suman los porcentajes, estos se acercan mucho al valor de adsorción que muestra la arcilla sin bloquear.

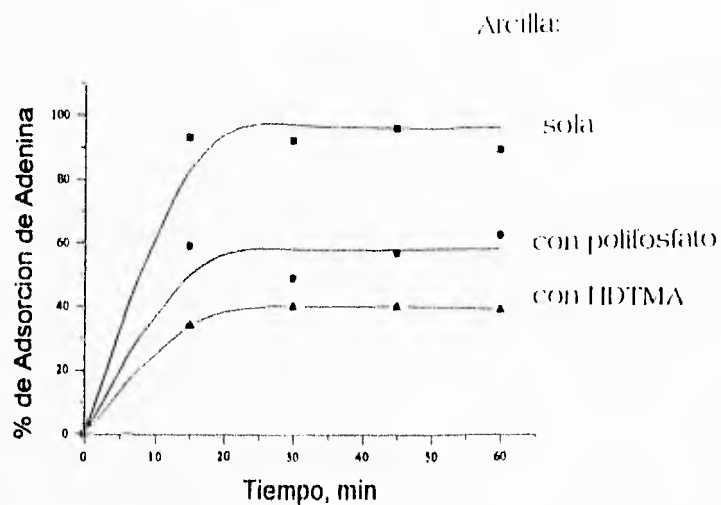


Fig. 20. Gráfica comparativa de la adsorción de adenina 1×10^{-3} M en arcillas con diferentes condiciones.

Rayos X

La arcilla que adsorbe polifosfatos, no sufre ninguna modificación en su canal interlaminar el cual permanece con una apertura de 11.37 Å aun cuando se varía la concentración del bloqueador (fig. 21a), esta conducta se esperaba ya que los fosfatos se adsorben en los bordes de la arcilla. La adsorción de poli A en la arcilla bloqueada tampoco perturba al canal interlaminar (fig. 21b), en cambio al adicionar adenina, el canal aumenta su distancia a 12.53 Å (fig. 21c), indicándonos que la adenina está siendo adsorbida en esta región de la arcilla.

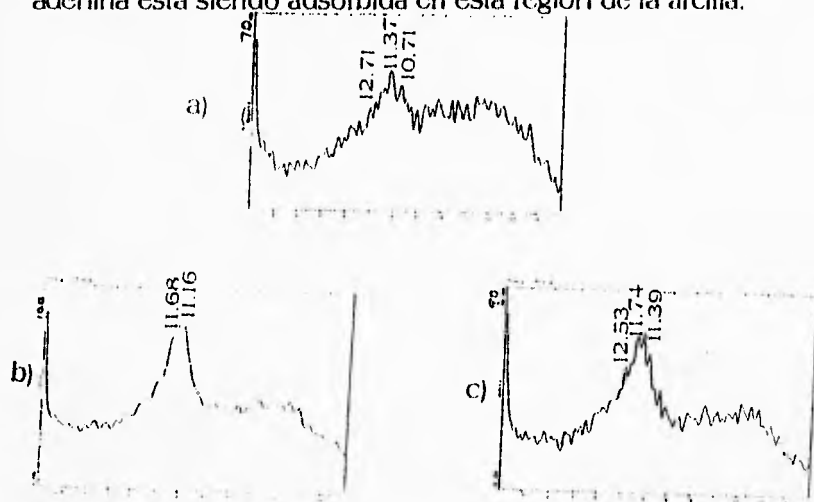


Fig. 21. Rayos X de la montmorillonita con
a) fosfato, b) fosfato y adenina y c) fosfato y poli A.

Espectrofotometría en el infrarrojo

Las bandas características de los enlaces O-H asociados con aluminio o hierro (correspondientes a las orillas) de la región 920, 880 y 840 cm^{-1} de la arcilla, ya no aparecen en la arcilla bloqueada con polifosfato (fig. 22) por la interacción que estos tienen con esa región. Aparecen dos bandas correspondientes a los grupos fosfatos en la región 1740 - 1600 cm^{-1} mostrándonos la interacción que existe de los fosfatos con la arcilla, principalmente con sus bordes.

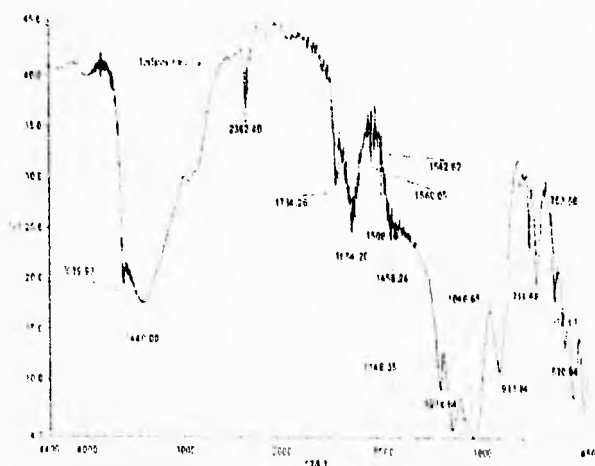


Fig. 22. Espectro en el infrarrojo de la montmorillonita bloqueada con fosfatos.

CONCLUSIONES

La adsorción de adenina ocurre principalmente en el canal interlaminar de la montmorillonita, en cambio la adsorción de poli A tiene lugar en los bordes de la arcilla; ambas moléculas se adsorben principalmente por intercambio iónico y al estar adsorbidas presentan una interacción directa con la red de la arcilla y aún encontrándose en concentraciones muy bajas o con algunos de los sitios que ocupan bloqueados, las moléculas ocupan los espacios disponibles mostrando la gran afinidad que tienen con la arcilla.

Existen otros mecanismos por los cuales se adsorben las moléculas como fuerzas de van der Waals, permitiendo una adsorción mayor a la que otorgan los equivalentes teóricos de la arcilla.

El valor del pH al cual se trabajó (pH ácido) no corresponde al propuesto para los océanos primitivos, pero nos permite observar el comportamiento de adenina y poli A en la arcilla. Desde el punto de vista de evolución química, pudiera resultar muy importante que la unión de un polímero sea por las orillas, pues esto da la posibilidad de que la arcilla pudiese comportarse como un molde para inducir polimerizaciones de nucleótidos por un proceso basado en la complementariedad de las bases nitrogenadas.

REFERENCIAS

Bernal, J.D. (1949). Proc. Phys. Soc. London Sect. B 62, 597-618.

Brindley, G.W. y Satyabrata R. (1964). Amer. Mineral. 49, 106-115.

Brindley, G.W. y Brown, G. (1980). Crystal structure of clay minerals and their X-ray identification. Mineral Society Monograph No. 5, Mineralogical Society 41 QUEEN S GATE LONDON SW7 5HR.

Buckman, H.O. y Brady, N.C. (1977). Naturaleza y propiedades de los suelos. Montaner y Simon, S.A. Barcelona.

Cairns-Smith, A.G. y Hartman, H. (1986). Clay minerals and the origin of life. Cambridge University Press. USA.

Cruz, M., Kaiser, A., Rouxhet, P.G. y Fripiat, J.J. (1974). Clays Clay Miner., 22, 417-425.

Domínguez, J.M. y Schifter I. (1992). Las arcillas: el barro noble. Colección La Ciencia desde México, núm. 109, Fondo de Cultura Económica, México.

Ferris, J.P., Ertem, G. y Agarwal, V.K. (1989). Origins Life Evol. Biosphere, 19, 153-164.

Ferris, J.P. y Hagan W.J. (1996). Origins of life. 17, 69-84.

Flegman, A.W. y Scholefield D. (1978). J. Mol. Evol. 12, 101-112.

Grim, R.E. (1968). Clay Mineralogy. McGraw-Hill Book Company, USA.

Haldane, J.B.S. (1929), en Bernal, J.D. (1967) The origin of life. World Publ. Co., Cleveland 242-249.

Johns, W.D. y Sen Gupta, P.K. (1967). Amer. Mineral., 52, 1706-1724.

Karickhoff, S.W. y Bailey, G.W. (1976). Clays Clay Miner., 24, 170-176.

Lailach, G.E., Thompson, T.D. y Brindley G.W. (1968). Clays Clay Miner., 16, 295-301.

Lazcano, A. (1991). El origen de la vida: evolución química y evolución biológica. Trillas, México.

Lazcano, A. y Miller, S.L. (1994). *J. Mol. Evol.*, 39. 546-554.

Lawless, J.G. y Edelson E.H. (1980). *Life Sci. Space Res.*, 8, 83-88.

Lehninger, A.L. (1983). Bioquímica. 2a. edición. Ediciones Omega. Barcelona. pags. 12, 57, 69, 796, 859.

López, C.R. (1995). Estudio de la microestructura de películas de polietileno modificadas con ácido acrílico y metacrílico por espectroscopía por aniquilación de positronio. Tesis doctoral. Fac. Química, UNAM.

Maher, K.A. y Stevenson, D.J. (1988). *Nature*, 344. 609-611.

Miller, S.L. (1953). *Science* 117. 528-529.

Mosqueira, F.G., Albarrán, G. y Negrón-Mendoza, A. (1996). *Origins Life Evol. Biosphere*, 26. 75-94.

Negrón-Mendoza, A. (1986). *Rev. Ciencias*. número especial 4-12.

Negrón-Mendoza, A., Albarrán, G. y Ramos-Bernal S. (1992). El papel de las arcillas en la etapa prebiótica de la Tierra. en Maubert, A. M. y Bosch, P. Programa Iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo. México. D.F. pags. 144-153.

Oparin, A.I. (1924). en Bernal, J.D. (1967) The origin of life. World Publ. Co., Cleveland 119-234.

Perezgasga, C.L. (1996). Estudios sobre la adsorción de bases púricas y pirimídicas, y sus correspondientes derivados de ribosa en montmorillonita de sodio, en el contexto de origen de la vida. Tesis de maestría. Fac. Química, UNAM.

Pinnavaia, y Mortland, (1986). en Cairns-Smith, A.G. y Hartman H. Clay minerals and the origin of life. Cambridge University Press, USA.

Ponamperuma, C., Shimoyama, A. y Friebele, E. (1982). Origins of life, 12, 9:39.

Ramos-Bernal, S. y Negrón-Mendoza, A. (1992). Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 160, 487-492.

Rao, M., Odom D.G. y Oró J. (1980). J. Mol. Evol., 15, 317-331.

Schopf, J.W. (1993). Science, 260, 640-646.

Swartzen-Allen, S.L. y Matijevich, E. (1974). Chem. Rev., 74, 385-400.

Walker, J.C.G. (1985). Origins Life Evol. Biosphere, 16, 117-127.

ESTO TEXTO NO PUEDE
SER REPRODUCIDO