

Capítulo 5

Determinación de la CEC con el Método MBT a Muestras de Diferentes Estratos de la Perforación de un Pozo

5.1 Introducción

En este capítulo se presenta el desarrollo experimental para determinar la Capacidad de Intercambio Catiónico (*CEC*) en cuatro muestras arcillosas de canal, obtenidas de distintos pozos de la Unidad de Producción Samaria – Luna, en los estados de Chiapas y Tabasco (Región Sur). La Tabla 5.1 resume algunos datos característicos de cada muestra.

Muestra	Formación / Estructura	Pozo	Intervalo (m)
1	Mudstone arcilloso / Caliza	Tizón 1D2	6460 – 6490
2	Marga	–	–
3	Mudstone bentonítico / Dolomía	Cactus	3505 – 3507
4	100% lutita gris clara a gris verdosa de semidura a dura ligeramente calcárea	Tizón 212	–

Tabla 5.1: Resumen de datos y características de las 4 muestras utilizadas para la determinación de la *CEC*.

Geológicamente, el campo Cactus está localizado en las cuencas del Mesozoico del área sureste Chiapas – Tabasco. Las rocas en el yacimiento son carbonatos contenidos en una trampa estructural. En las Tabla 5.2 y Tabla 5.3 se muestra la Columna Geológica Compuesta Chiapas – Tabasco.

CUA	ACTUAL	RECIENTE	INDETERMINADO
TERNA RIORIO	PLEISTOCENO	PARAJE SOLO	Arcillas arenosas a arenas muy finas (limolita) gris verdoso y gris parduzco bien clasificadas, intercaladas con capas de arenas angulosas gris claro y de grano medio; en la base presenta delgadas capas de lignito, carbón fósil y fragmentos de moluscos.
TERRACARIO	PLIOCENO	FILISOLA	La constituyen potentes cuerpos de arena gris claro de grano fino a grueso y lentes de lutita arenosa (limolita) gris verdoso.
		Fm. FILISOLA	Potentes cuerpos de lutitas y lutitas arenosas gris verdoso y gris oscuro con intercalaciones de capas de arena gris claro y gris oscuro de grano medio en esta zona se distingue únicamente en los pozos que se perforan cerca de la actual línea de costa y hasta en una línea imaginaria y paralela a la misma situada a aproximadamente 30 km tierra adentro.
	MIOCENO	CONCEPCIÓN SUPERIOR	Lutitas arenosas gris claro y gris verdoso bien estratificadas, incluye capas de arena gris claro y gris verdoso de grano fino a medio.
		CONCEPCIÓN INFERIOR	Constituida por lutita arenosa gris, gris verdoso y gris oscuro intercaladas con capas de arena gris claro arcillosa de grano fino.
		ENCANTO	Potentes cuerpos de lutita ligeramente arenosa gris y gris claro, hacia la base presentan intercalación de cuerpos de arenisca blanca de grano fino. En algunos campos, esta formación es productora de aceite.
		DEPÓSITO	Potentes cuerpos de lutita gris verdoso, en partes arenosa, con intercalaciones de arenisca de cuarzo; pueden ser con intercalaciones de cuarzo gris claro de grano medio a fino, bien cementada con material calcáreo; se observan lentes de bentonita gris verdoso, descansa en una discordancia sobre sedimentos arcillosos del Oligoceno Medio.
	OLIGOCENO MEDIO	Constituida principalmente por lutita bentonítica gris verdosa, con intercalaciones de capas delgadas de bentonita verde y azul.	
EOCENO	Potentes espesores de lutitas gris claro y gris verdoso, compacta, masiva, calcárea; en la cima presenta intercalaciones con capas de caliza brechoide blanco cremoso y bentonita verde azulado.		
PALEOCENO	Predominan lutitas bentoníticas calcáreas gris verdoso dura, en la cima presentan capas de arenisca gris clara, en la base se encuentran brechas de calizas blanco cremosos, indican la discordancia regional entre el Terciario y el Cretácico Superior.		
TERRACARIO	SUPE RIOR	Fm. MENDEZ	Formada principalmente por margas café rojizo claro, hacia la cima presentan brechas calcáreas color blanco cremoso; incluyen calizas tipo Mudstone, Wackestone, Packestone y Greinstone.
		SAN FELIPE	Representado por calizas bentoníticas, gris verdoso, con intercalaciones de finas capas de bentonita verde claro.
		AGUA NUEVA	Consiste de una caliza crema (Mudstone blanco cremoso) y gris claro, compacta, presenta microfracturas en ocasiones impregnadas de aceite, así como abundancia en bandas de nódulos de pedernal biogeno gris claro, gris oscuro, café claro, negro y ámbar; hacia la base está constituida por Mudstone arcilloso, café oscuro, negro y gris verdoso.

Tabla 5.2: Columna geológica compuesta Tabasco – Chiapas.

C R E T Á C I C O	MEDIO		<p>Varía dependiendo de la zona, dentro del área Chiapas – Tabasco.</p> <p>1ª fase: de Sur a Norte; desde las primeras estribaciones de la sierra de Chiapas hasta el Sur del campo Sitio Grande, incluyendo en una línea Este – Oeste, los campos Giralda, Iris, Dorado, Mundo Nuevo, etc., se constituye por calizas de plataforma (Wackestone, Packestone y Greinstone) de colores café claro y gris claro.</p> <p>2ª fase: comprende rocas de mar abierto, constituida por brechas con clastos de calizas, incluyendo restos de microfósiles, rudistas, caliza dolomitizada y dolomía café claro y gris claro, esta franja parece corresponder a una margen de cuenca o talud arrecifal.</p> <p>3ª fase: más al Norte se encuentran calizas de aguas profundas (de cuenca), como Mudstone de color blanco cremoso café claro, compacto con dolomía café claro, gris, gris claro y textura microcristalina y mesocristalina.</p>
	INFERIOR		<p>Representado por calizas Mudstone arcillosas gris, gris verdoso y café oscuro, compacto; y Mudstone incipientemente dolomitizado, gris verdoso, gris y café oscuro; en su parte media y hacia la base pasa a dolomía gris parduzco y gris verdoso, en ocasiones con intercalaciones de anhidrita blanca; en el Norte del área Chiapas – Tabasco lo constituye un Mudstone gris oscuro y gris verdoso que hacia la base se gradúa a Packestone y Greinstone de oolitas; su espesor varía de 500 m en la cuenca a 1000 m en plataforma.</p>
J U R Á S I C O	SUPERIOR	TITHONIANO	<p>Constituido en toda el área por Mudstone arcilloso, café oscuro y negro, en ocasiones parcialmente dolomitizado; además puede estar presente dolomita arcillosa café oscuro. Estas rocas son consideradas las principales generadoras de hidrocarburos líquidos y gaseosos, su espesor varía entre los 100 y 600 metros.</p>
		KIMMER	<p>Consiste de una secuencia alternante de Packestone y Greinstone de oolitas peletoides café cremoso y gris verdoso compacto, con intercalaciones de anhidrita en capas delgadas, en algunos campos del área se presentan las rocas descritas ligeramente dolomitizadas o en otras transformadas en dolomía. Se incluye también Mudstone verde claro y verde oscuro. Estas rocas son consideradas como excelentes almacenadoras de hidrocarburos, y su espesor varía de 265 a 548 metros.</p>
		OXFORDIANO	<p>Formado por Mudstone y Wackestone café claro, gris verdoso y gris oscuro, puede presentar dolomitización incipiente, en alternancia con capas de anhidrita blanca y yeso blanco de espesor variable. Incluye Packestone de oolitas café claro, compacto. La potencia de estas rocas varía de 265 a 900 metros.</p>
	MEDIO	CALLOVIANO	<p>Es representada por Mudstone y Wackestone café claro, gris claro oscuro, compacto, con microfracturas selladas por calcita; en la parte media y basal (de lo hasta ahora perforada). Hacia la cima consiste de Packestone, Greinstone de biógenos café cremoso y gris verdoso, incipientemente dolomitizados; presenta capas intercaladas de anhidrita blanca y yeso blanco, ambos de aspecto masivo; incluye además Mudstone arcilloso gris oscuro y café oscuro compacto. El espesor es de 1146 metros.</p>

Tabla 5.3: Columna geológica compuesta Tabasco – Chiapas (continuación).

5.2 Aplicación del método *MBT*

Se eligió el método de azul de metileno (*MBT*) por ser de fácil aplicación, por requerir menos tiempo y materiales en comparación con los otros métodos de medición de la *CEC*. La solución de azul la preparamos a partir del polvo de azul que teníamos en el Laboratorio de Química^A.

A cada una de las muestras se le realizó el tratamiento previo descrito en la Sección 4.4.1; así también, se les aplicó el método *API* para el *MBT* descrito en la Sección 4.4.4.

5.3 Tratamiento para cada muestra

Las muestras disponibles no se lavaron ya que no tenían emulsión adherida ni otras sustancias. Entonces, las muestras se trituraron en un mortero y se tamizaron en *malla 150*, los cuales se pueden ver en la Figura 5.1. En la Figura 5.2 vemos las muestras antes de ser tamizadas.



Figura 5.1: Equipo necesario para triturar (mortero) y tamizar (malla 150).



Figura 5.2: Muestras arcillosas antes de ser trituradas y tamizadas.

Una vez trituradas y tamizadas, las muestras se colocaron en pequeños pesafiltros y se pusieron a secar 3 veces en el horno a una temperatura menor de 60 °C; la primera vez se

^AEn el campo se utiliza solución de azul preparada comercialmente, lo que hace al método más factible y adecuado de implementar en la práctica.

secaron a 56 °C, la segunda a 58 °C y la tercera a 40 °C. Entre cada secado la temperatura se estabilizó a 30 °C, lo que requirió un tiempo mínimo de 1 hora. En la Figura 5.3 podemos ver las muestras en los pesafiltros antes de ser medidas al horno para secarse.



Figura 5.3: Muestras trituradas y tamizadas antes de secarse en el horno.

5.4 Preparación de la solución de azul de metileno 10 g/L

Se empleó el procedimiento descrito al final de la Sección 4.4.4 para preparar la solución de azul de metileno^B 10 g/L. Para empezar, en un pesafiltro se pesaron 3 g de polvo de azul sin secar, después el pesafiltro con el azul se puso a secar 2 veces, de 1 h cada secado, en la estufa a 95 °C aproximadamente. Después de esto, el pesafiltro con el azul se metió en el desecador durante 1 h.

Una vez seco el polvo de azul se volvió a pesar y se registró un peso de 2.6784 g, así que para tener más facilidad de cálculo, precisión y exactitud en el procedimiento, esta masa se redondeó a 2 g. Al mezclar los 2 g de polvo de azul seco con los 200 mL de agua desionizada – que se calentó y agitó previamente a 40 °C – obtuvimos directamente la solución de azul de metileno 10 g/L.

5.5 Metodología del American Petroleum Institute (API)

Se escogió la metodología del MBT utilizada por el American Petroleum Institute (API) por tener un procedimiento sencillo y rápido ya que en unas cuantas horas se realizó por completo esta prueba en las cuatro muestras ocupadas.

^BDebido a las propiedades del azul de metileno, una solución de 10 g/L equivale a 0.01 meq/L.

Se ocuparon cuatro matraces, uno para cada muestra arcillosa; en cada matraz se tenía una suspensión de arcilla, agua desionizada, agua oxigenada y ácido sulfúrico. Esta mezcla se calentó a 40 °C mientras se agitaba, después de 10 *min* se diluyó con 50 *mL* de agua destilada y continuó agitándose en una parrilla fría. La Figura 5.4 ejemplifica este paso del procedimiento.



Figura 5.4: Matraz que contiene la suspensión de arcilla antes de la titulación con azul de metileno.

Mientras tanto, una parte de la solución de azul se vertió en una bureta graduada con llave para ir controlando la cantidad de ésta que se le agregaría a cada uno de los matraces. Todavía agitándose en la parrilla fría, la muestra comenzó a titularse (ver Figura 5.5) con la solución de azul, dejando a ésta caer en el matraz en dosis de 1 *mL* con intervalos de 1 *min* entre cada dosis (entre la primera y la segunda dosis se dejaron pasar 2 *min*); esto último fue para dar tiempo a que la arcilla adsorbiera el azul, posteriormente la dosis se elevó a 2 *mL*. Después de esperar el minuto en cada dosis adicionada, se tomó una gota con una varilla de vidrio y se colocó sobre un papel filtro para observar su reacción.

Así se hizo con cada una de las cuatro muestras hasta que se alcanzó el “punto final”, donde la arcilla ya había agotado sus cationes intercambiables y por lo tanto ya no podía seguir adsorbiendo más cationes de azul de metileno.

5.6 Resultados

Se hicieron dos pruebas. La Prueba 1 se hizo con el fin de tener una idea de la cantidad de solución de azul que se necesitaría para el intercambio catiónico. En la Prueba 2 se tienen los

resultados más precisos, puesto que ya teníamos entonces una idea de cuánta solución de azul de metileno necesitaría cada arcilla.



Figura 5.5: Solución de azul de metileno (izq.). Equipo utilizado para la titulación de la suspensión de arcilla con solución de azul de metileno (der.).

Para la Prueba 1 se utilizó la ecuación (5.1) y para la Prueba 2 se utilizó la ecuación (5.2); ambas son simplificaciones de la ecuación (4.7):

$$CEC = 2 \cdot V_m \quad (5.1) \qquad CEC = V_m / W_s \quad (5.2)$$

V_m fue el volumen en mL de la solución de azul de metileno ocupado para cada muestra, tanto en la Prueba 1 como en la Prueba 2, y W_s fue el peso de muestra utilizado en la Prueba 2, que fue de 0.5 g con 4 decimales de precisión^C.

En las Figura 5.6, Figura 5.7, Figura 5.8 y Figura 5.9 se presentan los resultados de la Prueba 2 (prueba final) para cada una de las muestras arcillosas. En ellas podemos ver el papel filtro con las gotas de la mezcla arcillosa titulada con azul de metileno. En cada papel filtro se observa el cambio en las gotas hasta alcanzar el “punto final”, el cual podemos observar fácilmente porque la gota de arcilla – azul en el punto final es casi idéntica a una gota de

^CEn la Prueba 1 no se tomó en cuenta esta precisión ya que se ocuparon exactamente 0.5000 g de cada una de las muestras.

solución pura de azul de metileno. El número junto a cada gota indica los *mL* de solución de azul de metileno ocupados hasta ese punto.

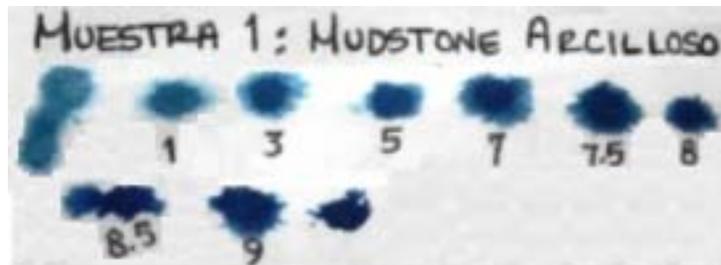


Figura 5.6: Resultados de la prueba 2 del método MBT en una muestra de mudstone arcilloso.

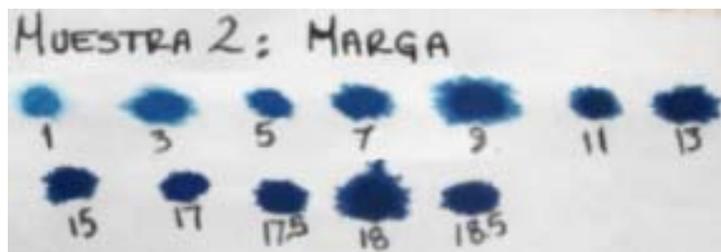


Figura 5.7: Resultados de la prueba 2 del método MBT en una muestra de marga.

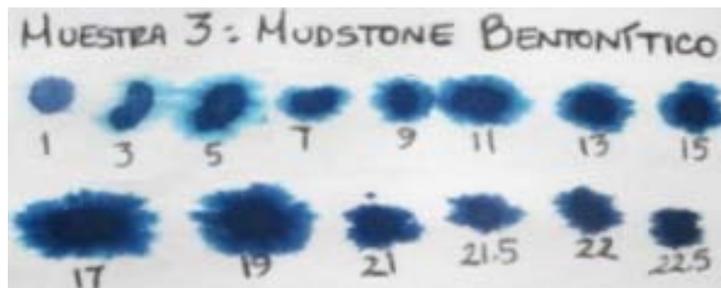


Figura 5.8: Resultados de la prueba 2 del método MBT en una muestra de mudstone bentonítico.

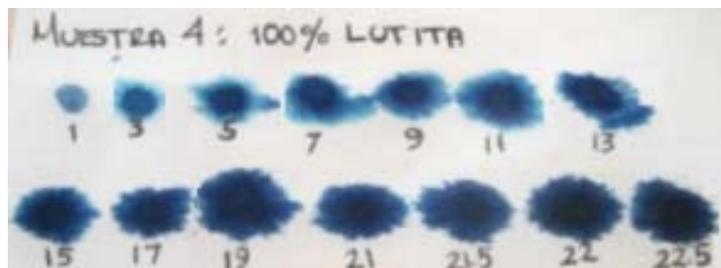


Figura 5.9: Resultados de la prueba 2 del método MBT en una muestra de lutita.

La Tabla 5.4 presenta los resultados de CEC obtenidos en las dos pruebas realizadas para cada muestra.

Muestra	Prueba 1		Prueba 2		
	V_m	CEC	W_s	V_m	CEC
	mL	$meq/100\ g$	g	mL	$meq/100\ g$
1. Mudstone arcilloso	7	14	0.5018	9	$17.9354 \approx 18$
2. Marga	19	38	0.5011	18.5	$36.9188 \approx 37$
3. Mudstone bentonítico	30	60	0.5003	22.5	$44.9730 \approx 45$
4. 100% lutita gris clara a gris verdosa de semidura a dura ligeramente calcárea	32	64	0.5005	22.5	$44.9550 \approx 45$

Tabla 5.4: Resultados del método *MBT* para la determinación de la *CEC* en las cuatro muestras arcillosas.