



01174  
**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**“CARACTERIZACIÓN ESTÁTICA DE LA  
ARENISCA “M” EN EL CAMPO COCUITE, CUENCA  
DE VERACRUZ, MÉXICO”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN INGENIERIA  
EN EL CAMPO DEL CONOCIMIENTO  
INGENIERIA PETROLERA Y GAS NATURAL  
(EXPLORACION)**

**P R E S E N T A :  
SALVADOR NAVARRO SALCEDO**

**DIRECTOR DE TESIS  
DR. RICARDO JOSE PADILLA Y SANCHEZ**



**MÉXICO D.F.**

**2005**

m345860



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.

**No consideremos el estudio como un deber,  
si no como una oportunidad para penetrar en  
el bello y maravilloso mundo del saber.**

**Albert Einstein**

## **DEDICATORIA**

A mi madre Ma Cruz Salcedo por ser una persona inolvidable y una mujer maravillosa por que se que esta muy orgullosa de mis hermanos y de mi, se que nunca ha dejado de pensar en nosotros y que en el momento que la necesitamos contamos siempre con su apoyo. Madre quiero agradecerte por esa visión del futuro que hace tiempo tuviste y lograr convencer a nuestro padre para buscar un lugar en donde tus hijos pudiéramos continuar con nuestros estudios, el esfuerzo que hiciste junto con nuestro padre fue muy grande pero valió la pena, hoy gracias a dios y a ustedes somos gente de bien y yo brinco otro escalón de la escalera del éxito. Nuevamente gracias por los principios y valores que nos heredaste mismo que yo debo seguir cultivando para trasmitirlos a mis hijos y el día de mañana también pueda decir cumplí con mí deber de padre. Que dios te bendiga por siempre Madre.

### **A la memoria de mi padre Juan Manuel Navarro Ortiz (+)**

Padre aunque ya no estas con nosotros tu también has de estar orgulloso de los logros que han obtenido tus hijos, nos dejaste de repente a medio camino sin tener la oportunidad de verme realizado como profesionista, se que fue la voluntad de dios y que donde quiera que te encuentres estas contento, se que nunca has dejado de pensar en nosotros ni de estar a nuestro lado como siempre lo has hecho. Descansa, has cumplido con tu deber, mis hermanos y yo te lo agradecemos de todo corazón, porque gracias también a ti, nos formamos como buenos ciudadanos. Padre donde quiera que estés quiero que me perdones por aquellos momentos en que no fui capaz de entender tus consejos hoy que tengo una familia y soy padre te digo que razón tenias, que dios te cuide y te proteja por toda la eternidad.

Para mi esposa Virginia Cruz Luevano a mis hijos Estefanía y Salvador por ser la esperanza y la fuerza que motiva los actos de mi vida y por el tiempo que deje de estar con ellos para el logro de esta meta.

A mis hermanos Juan Manuel Navarro Salcedo, Maria de Lourdes Navarro Salcedo, Maria de Jesús Navarro Salcedo.

Una dedicatoria muy especial a mi hermano Mariano Navarro Salcedo, espero se recupere pronto de su enfermedad.

## **AGRADECIMIENTOS**

Expreso mi agradecimiento a PEMEX Exploración y Producción, en especial al M.en C. Alfredo Guzmán Baldizán, al M.en I. Arturo Soto Cuervo, al Ing. Jorge L. Hernández Cuervo, Por las facilidades otorgadas para realizar la maestría en exploración con especialidad en estratigrafía en la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M.

Un especial agradecimiento al M. en C. José Antonio Cuevas Lereé, por su confianza para poder continuar dentro de esta nueva administración.

Al Activo Integral de Veracruz encabezados por el Ing. Renato Vázquez Benítez , a los integrantes de su grupo de trabajo encargados del desarrollo del campo Cocuite, especialmente al los Ingenieros Víctor Valdivieso Ramos, Rafael Muñoz Vergara, Sergio Rivera Cruz, Martín Martínez Medrano y Carlos Flores Romero, quienes me auxiliaron proporcionándome la información solicitada para el desarrollo del proyecto.

A mis compañeros del departamento de Control Geológico de la Perforación Ingenieros Enoc Fernández Sánchez, Paulino Palicio Gómez, Adalberto Villasana Maya, Alfonso Hernández Hernández, Marco Antonio Reyes Sánchez, Víctor Mayorga Pérez, José Barba Vidal, Benito P. Galindo así como a los ingenieros José Luis Balam y Canche y Luis Carlos González Velásquez por su valiosa colaboración.

Merecido reconocimiento a la Sra. Marisol Delgado Avilés, encargada del archivo por la información proporcionada de manera rápida y confiable para la realización de este proyecto.

Mi agradecimiento al Dr. Ricardo José Padilla Sánchez, por aceptar dirigir esta tesis, por sus ideas y consejos.

Agradezco también al Ing. Miguel Vera Ocampo, por su amistad y por su continua asesoría para el logro de este trabajo.

A las maestras Consuelo y Margarita que me permitieron hacer usos de las instalaciones y equipo del Instituto de Geología sin las cuales no se hubiera concretado la realización de este estudio. Así como a Diego por su apoyo en la elaboración de las láminas delgadas.

Al Ing. Emiliano Campos Madrigal así como a la Sra. Guillermina, por su valiosa colaboración en el desarrollo de esta tesis.

Finalmente agradezco a mis maestros Noel Holguín Quiñones, Luís Antonio Aguilar Pérez, Felipe Jaime León Islas, Esteban Cedillo Pardo, Javier Arellano Gil, Francis Soler Anguiano, Miguel Juárez Casas y Gustavo Murillo Muletón..

# RESUMEN

<b>1-INTRODUCCIÓN</b>	1
1.1.- Localización del área de estudio	1
1.2.- Exposición del problema	4
1.3.- Objetivo	4
1.4.-Antecedentes exploración-producción	4
1.5.-Marco geológico	11
1.6.-Evolución tectónica	13
1.7.-Estratigrafía	17
<b>2. METODOLOGÍA</b>	21
2.1.-Análisis petrográfico	21
2.2.-Conteo de puntos	23
2.3.-Porosímetro de gases	24
2.4.-Permeámetro	27
2.5.-Catodoluminoscopio	28
2.6 -Microscopio Electrónico de Barrido	34
2.7.-Unidades de Flujo	37
<b>3.-CARACTERIZACIÓN ESTÁTICA DE LA ARENISCA “M”</b>	38
3.1.-Estudio petrográfico	39
3.2.-Conteo de puntos	48
3.3.-Determinación de porosidad efectiva	52
3.4.-Determinación de permeabilidad	66
3.5.-Estudio de catodoluminiscencia	67

3.6.-Análisis con microscopio electrónico de barrido	72
3.7.-Determinación de unidades de flujo	79
<b>4.-DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>85</b>
4.1.-Petrología	85
4.2.-Identificación de litofacies	87
4.3.-Clasificación de la roca	89
4.4.-Historia diagenética	91
4.5.-Fuentes de aporte de sedimentos	93
<b>5.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>96</b>
<b>REFERENCIAS CITADAS</b>	

## RESUMEN

El campo Cocuite localizado en la Cuenca de Veracruz, fue descubierto en 1921, aporta el 33 % a la producción total de gas en la cuenca, y cuenta con yacimientos que van desde el Mioceno Medio Tardío hasta el Plioceno Inferior.

Los pozos estudiados para determinar las características de la arenisca "M" en el campo Cocuite fueron el Cocuite 402, 419 y el pozo Clís-1.

Los sedimentos de mayor producción corresponden a las facies de abanico de piso de cuenca de la arenisca "M" del Mioceno Medio Tardío.

Aun cuando la composición litológica de la arenisca "M" de los pozos Cocuite 402, 419 y Clís-1 son diferentes, las secuencias diagenéticas son muy similares en evolución.

Con la integración de los diversos datos existentes: sísmica 3D, cima y base de la arenisca "M", estudios paleontológicos de pozos; registros eléctricos, estudios de lámina delgada, propiedades petrofísicas y el uso de diferentes disciplinas como: conteo de puntos, análisis de microscopio electrónico de barrido (MEB), análisis de catodoluminiscencia, ayudaron a determinar los tipos de granos, fragmentos de roca, tipos de cementación, tipos de arcilla así como a que sistema de depósito corresponde al yacimiento.

El proceso diagenético de mayor impacto en la reducción de porosidad y permeabilidad en la arenisca "M" fue la compactación mecánica.

La arcilla mas abundante determinada mediante el análisis de MEB corresponde illita/esmectita.

La cementación de calcita ferrosa, dolomita ferrosa fue incipiente y corresponde a una etapa tardía de evolución diagenética, el efecto de estos cementantes en la calidad del yacimiento fue secundario.

La caracterización de la arenisca "M", proporcionó información de porosidad, permeabilidad, litología, edad de la roca. Con estos datos se determinaron las unidades de flujo que delimitan áreas con mejores posibilidades económico petroleras, por lo que ahora se tendrá un mejor control y conocimiento de la arenisca "M", que ayudarán a dar un enfoque más adecuado a la estrategia exploratoria y a la inversión para la búsqueda de hidrocarburos en el campo Cocuite.

---

---

## 1.-INTRODUCCIÓN

La Cuenca de Veracruz comprende dos áreas geológicas productoras de hidrocarburos bien definidas. Una es el Cinturón Plegado y Cabalgado de Zongolica al occidente y la Cuenca Terciaria de Veracruz al Oriente. Estas se reconocieron a partir de los años 50's con el descubrimiento de los campos productores de aceite y gas respectivamente (Vázquez R.R.O., 2003).

### 1.1 -Localización del área de estudio

El campo Cocuite se localiza en la parte central de la Cuenca de Veracruz, a 50 Km al SE de la ciudad de Veracruz (Figura-1).

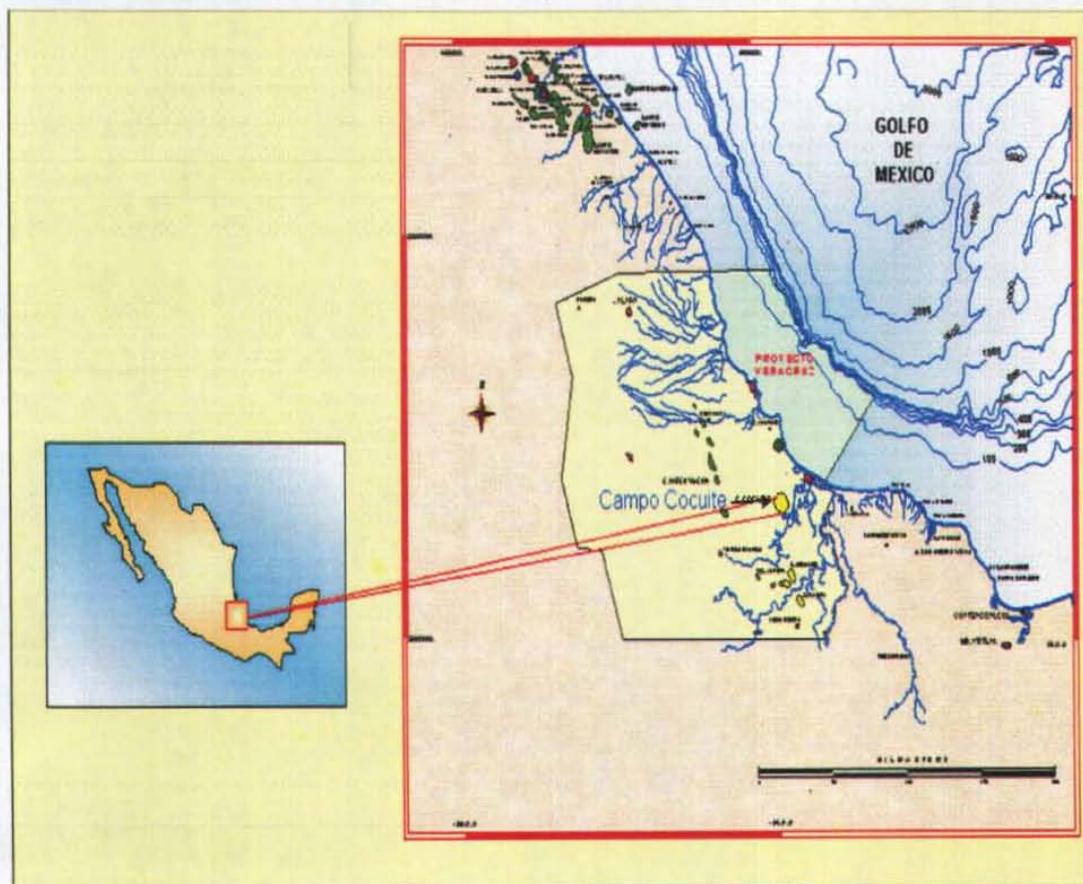


Figura 1. Mapa de Localización del Campo Cocuite.

---

---

A partir de 1996, se inicia la reevaluación de oportunidades de gas en la cuenca como parte de la estrategia nacional para hacer frente a la creciente demanda de gas en el país. Este nuevo interés ha dado como resultado la visualización de trampas estratigráficas y combinadas, localizadas principalmente en los paquetes terciarios del Oligoceno-Plioceno Inferior, los cuales están constituidos por secuencias terrígenas de ambientes profundos, caracterizadas por sistemas de depósitos de abanicos submarinos, en los que se pueden reconocer dos unidades: una unidad basal que incluye al abanico de piso de cuenca, y un complejo superior de abanico submarino de pie de talúd, que involucra a los bordes y canales desarrollados durante un período de nivel bajo del mar (Lowstand, LST, Vázquez R.R.O., 2003, figura-2)

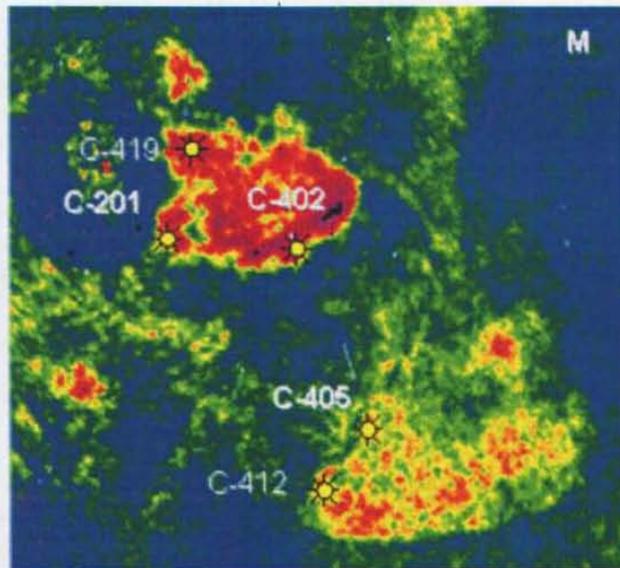


Figura-2. Mapa de amplitudes del nivel Estratigráfico "M" del Mioceno Medio (Activo Integral Veracruz, Rivera C.S., 2000)

Algunas de las secuencias de interés fueron deformadas por procesos gravitacionales dando lugar a trampas estructurales, como los desarrollados en el nivel "M" del Campo Cocuite, objetivo de este estudio (Figura-3 ).

### Sección Estructural Arenisca "M"

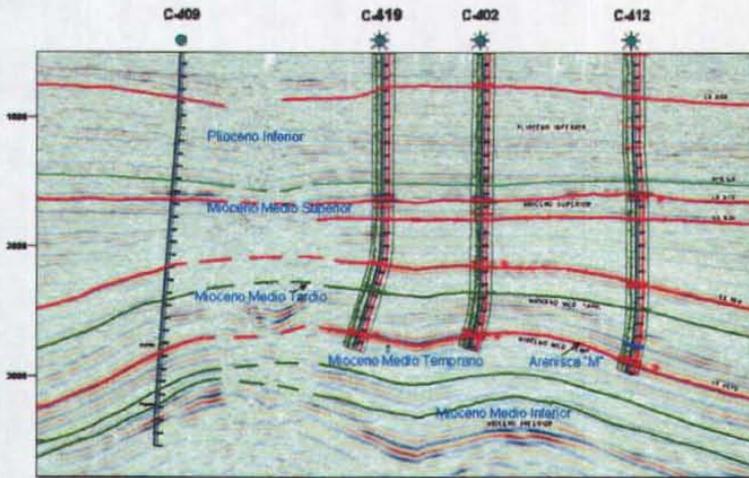


Figura 3. Sección Estructural del Yacimiento "M" ( Rivera C.S., 2000).

El campo Cocuite se localiza en la parte central de la cuenca de Veracruz ( Figura-1), al SE del poblado de Piedras Negras Ver. Está constituido por varias areniscas lenticulares impregnadas de gas y con presiones anormales originadas por el mismo gas. Actualmente en el campo existen tres areniscas productoras de gas natural: las areniscas "E", en la base del Plioceno Inferior, a 1600-1680 m de profundidad, cuya explotación se inició en noviembre de 1969 con el pozo Cocuite-5; las areniscas "G" del Mioceno Superior a 2050-2250 m de profundidad, cuya producción se inició en agosto de 1966 con los pozos Cocuite-3, 4 y 6; y las areniscas "M" del Mioceno Medio Tardío, a 2500-2700 m de profundidad, cuya explotación inició en agosto de 1998 en el pozo Cocuite 201.

El fin del presente trabajo es efectuar una caracterización de las propiedades petrográficas y petrofísicas de la arenisca "M" para identificar las diferentes unidades de flujo, así como determinar los procesos diagenéticos que actuaron a través del tiempo o en la misma.

---

---

## **1.2.-Exposición del problema.**

El comportamiento de la arenisca "M" no es homogéneo debido a que se comporta como productora en el Pozo Cocuite 402 a la profundidad de 2696-2700 m, en el pozo Cocuite 412 a de 2910-2915 m y en el pozo Cocuite 419 a 2740-2743 m, pero en el pozo Clís-1 a 3339-3347 m, no se comportó de la misma manera resultando el intervalo seco, por lo que en este trabajo se pretende explicar las causas de esta diferencia, mediante los análisis de composición mineralógica, textura, porosidad, permeabilidad y procesos diagenéticos.

## **1.3 Objetivo.**

El objetivo de esta tesis es determinar las propiedades petrográficas y petrofísicas de la arenisca "M" y establecer una relación de esta con la producción de hidrocarburos en el campo Cocuite.

## **1.4 Antecedentes Exploración-Producción**

Las actividades de exploración petrolera en la cuenca de Veracruz iniciaron en 1921, cuando la Compañía Metropolitan Oil Company perforó el Pozo Cocuite-1, localizado a 30 kilómetros al oeste de Tlacotalpan, con base en las manifestaciones superficiales de gas y agua salada concentradas en el volcán de lodo llamado "salitral". Este pozo alcanzó rocas del Oligoceno a una profundidad de 1464 m y resultó seco. Este hecho marcó el inicio de una etapa de actividades geológicas y geofísicas por parte de las compañías petroleras extranjeras que se extendió hasta 1932 con la perforación de los Pozos Cocuite-2 y el Cutlaxcoyo-1, que también resultaron secos. La compañía el Águila perforó en 1933 el Pozo Rodríguez Clara-1 que alcanzó rocas del Oligoceno a una profundidad de 1,739 m, no obstante a pesar de que este pozo resultó seco, se encontraron manifestaciones de gas a la profundidad de 1,440 m (Toriz G.,1999).

---

---

La perforación exploratoria tuvo sus primeros frutos hasta el año de 1956 con los descubrimientos de los campos Mirador y Mata Espino, siendo el primero productor de gas no asociado en rocas del Mioceno Inferior y el segundo, productor de gas no comercial en rocas del Eoceno Inferior respectivamente.

Otro período de éxito exploratorio en la cuenca de Veracruz, se inició con el descubrimiento del Campo Cocuite en 1966 con la perforación del pozo Cocuite-3, el cual resultó productor en las rocas del Mioceno Medio y Mioceno Superior, seguido del descubrimiento del campo Novillero en el mismo año. En 1968 se descubrieron los campos Veinte, Coapa, Macuile y posteriormente el Campo Estancuela en 1977, todos ellos productores de gas seco, asociado y condensado. La producción del Campo Cocuite que es el objetivo de este estudio se inició en agosto de 1966 a través de cuatro pozos (Cocuite 3, 4,5 y 6) con gasto inicial de 8 MMPCD (PEMEX-PEP, 2002).

En 1999, en las inmediaciones del Campo Cocuite se realizaron trabajos de sísmica 3D cubriendo un área de 240 km<sup>2</sup>. La interpretación de este trabajo permitió en su momento la elaboración de mapas de extracción de amplitud, estas se calibraron con datos de producción de los pozos, lo que además de indicarnos la presencia de gas relacionado a las áreas de altas amplitudes, permitió establecer modelos geológicos y delimitar rasgos estratigráficos, con el fin de disminuir el riesgo en el desarrollo de los yacimientos, así como generar nuevas áreas de oportunidades exploratorias PEMEX-PEP, 2002).

A continuación se enlistan los pozos perforados en el Campo Cocuite.

<b>Pozos perforados Campo Cocuite</b>		
<b>Productores</b>	<b>Invadidos(agua salada)</b>	<b>Taponado accidente mecánico</b>
Cocuite-3	Cocuite-1	Cocuite-102
Cocuite-4	Cocuite-10	
Cocuite-5	Cocuite-12	
Cocuite-6	Cocuite-13	
Cocuite-201	Cocuite-15	
Cocuite-402	Cocuite-101	
Cocuite-403	Cocuite-407	
Cocuite-404	Cocuite-414	
Cocuite-404R	Cocuite-426	
Cocuite-405	Cocuite-428	
Cocuite-406	Cocuite-430	
Cocuite-408	Cocuite-439	
Cocuite-412	Cocuite-803	
Cocuite-415	Cocuite-804	
Cocuite-416	Clis-1	
Cocuite-419	Maple-1	
Cocuite-420	Zacamandú-1	
Cocuite-427		
Cocuite-435		
Cocuite-436		
Cocuite-440		
Cocuite-450		
Cocuite-451		
Cocuite-452		
Cocuite-453		
Cocuite-456		
Zacamandú -1R		
Cerraz-1		

Tabla 1 relación de pozos perforados en el Campo Cocuite.

La tabla 1 nos muestra la relación de pozos perforados en el Campo Cocuite, así como su condición en la cual terminaron, de estos pozos los que cortaron la arenisca "M" fueron los siguientes:

Pozos Cocuite 402, 405, 412, 415, 420, 416, 419 y el Pozo Clís-1.

Actualmente el Campo Cocuite es uno de los principales campos productores de gas, el campo produce 87.6 millones de pies cúbicos de gas diario.

En el campo Cocuite existen cuatro yacimientos de gas, las areniscas de la base del Plioceno inferior (Yacimiento E), con siete pozos productores que han acumulado 25.8 MMMPC (Figura 4); dos yacimientos en las areniscas del Mioceno Superior (Yacimiento Breña) con siete pozos productores han acumulado 4.4 MMMPC (Figura 5), el (Yacimiento G) con ocho pozos productores que han acumulado 41.1 MMMPC (Figura 6) y las areniscas del Mioceno Medio Tardío (Yacimiento M) con ocho pozos productores ha acumulado 42.5 MMMPC (Figura 7)

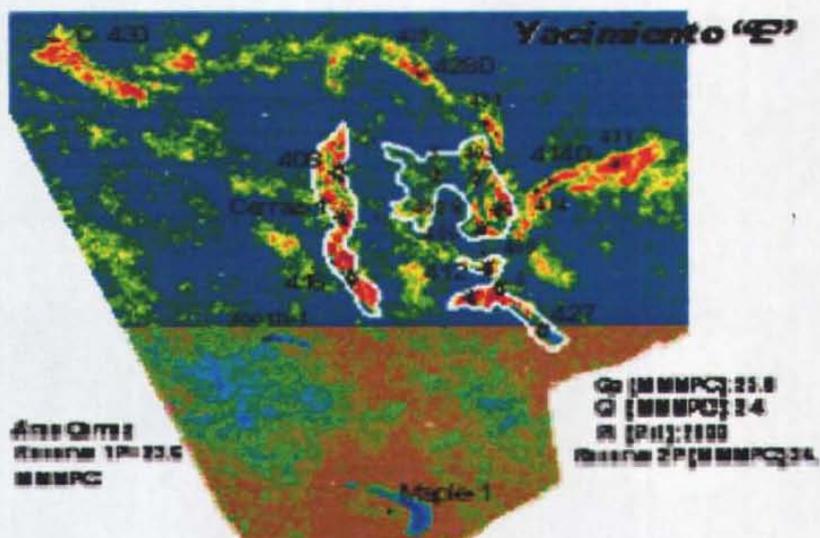


Figura 4. Mapa de Amplitudes del Yacimiento "E" (PEMEX-PEP, 2002)

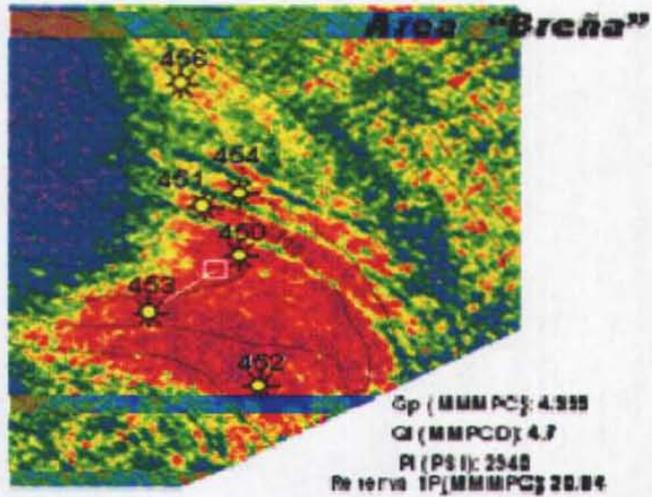


Figura 5. Mapa de Amplitudes del Yacimiento Breña

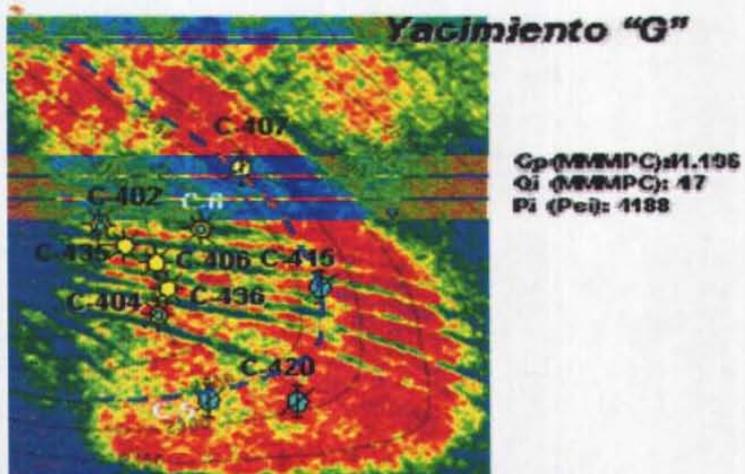


Figura 6. Mapa de Amplitudes del Yacimiento "G" (PEMEX-PEP; 2002)

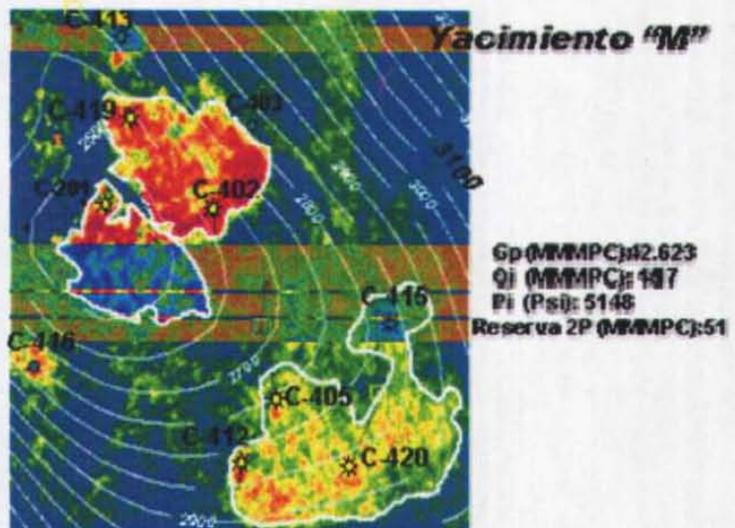


Figura 7. Mapa de Amplitudes del Yacimiento "M" (PEMEX-PEP, 2002)

A continuación se presenta la producción por yacimiento, para cada pozo a través de su producción diaria al 15-feb-2005 (Figuras, 8,9, y 10).

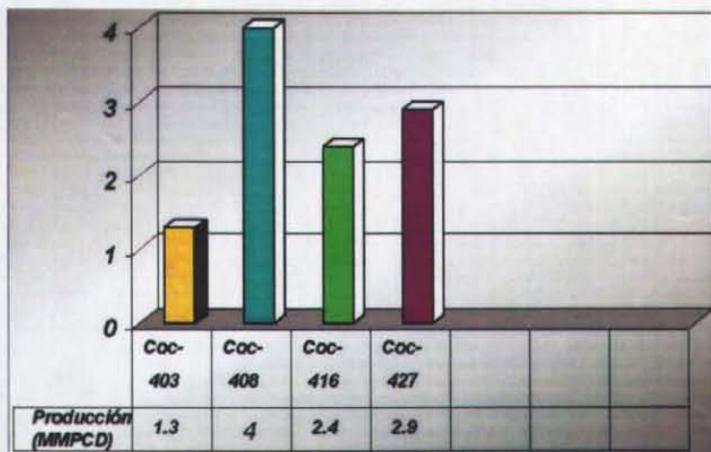


Figura 8. Producción diaria de gas del yacimiento "E" 15-feb-2005 (Reporte Diario de producción Activo Integral Veracruz)

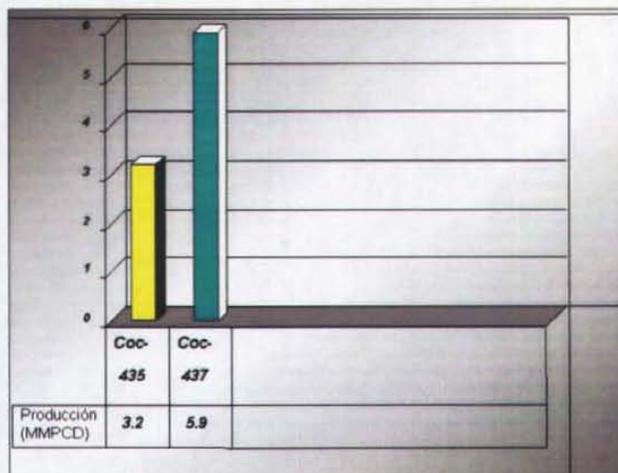


Figura 9. Producción diaria de gas del yacimiento "G" 15-feb-2005 (Reporte Diario de producción Activo Integral Veracruz)

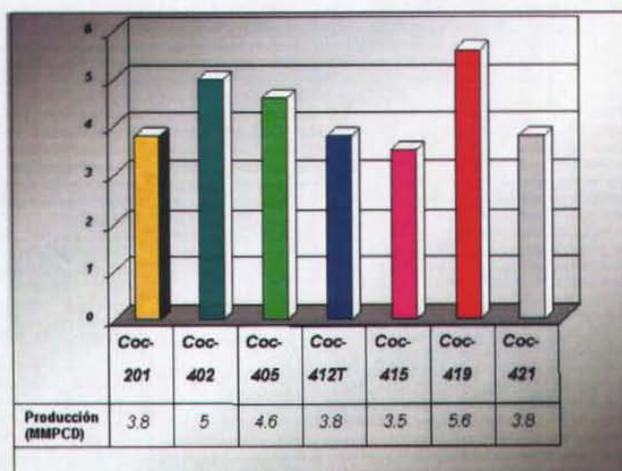


Figura 10 Producción diaria de gas del yacimiento "M" 15-feb-2005 (Reporte Diario de producción Activo Integral Veracruz)

De todos estos yacimientos, en este trabajo se realizó una caracterización estática de la arenisca "M", que es uno de los yacimientos que más producen dentro del Campo Cocuite.

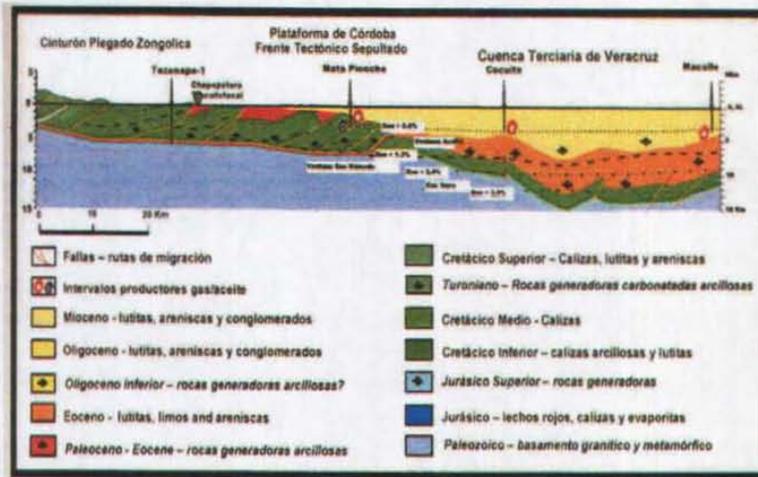
---

---

## 1.5.- Marco Geológico

La Cuenca de Veracruz es parte de la provincia del Golfo de México, que se ubica geográficamente entre los meridianos 95° 30' y 96° 30' de Longitud oeste y los paralelos 18° 00' y 19° 30' de Latitud norte y comprende las ciudades de Cardel, Veracruz, Tierra Blanca, Tres Valles, Cosamaloapan y Alvarado, localizadas en la parte central del estado de Veracruz.

La Cuenca de Veracruz es un depocentro del Paleoceno-Oligoceno formado a lo largo de un margen de desplazamiento a rumbo, como resultado de la deformación de las rocas de la Plataforma de Córdoba. Tankard et al (1986) la clasificaron como una cuenca de antepais (Figura 11).



Del Eoceno Medio al Reciente fue rellenada con más de 8000 m de sedimentos derivados de los carbonatos de la Plataforma de Córdoba, de materiales ígneos de la Sierra de los Tuxtlas, Alto de Santa Ana, Alto de Anegada, además de materiales metamórficos provenientes de la Mixtequita.

---

---

Durante el Mioceno Medio-Plioceno la cuenca sufrió una deformación que originó los principales elementos estructurales que se observan en la parte central de la cuenca de Veracruz.

Fisiográficamente, está limitada al norte y occidente por la denominada Plataforma de Córdoba, al oriente se interna dentro del Golfo de México, sin lograr precisar su límite con exactitud; en la porción sur colinda con el denominado " bloque bajo " de la Cuenca Terciaria del Sureste (Figura 12 ).



Figura 12 Fisiografía de la Cuenca de Veracruz.

Como la mayoría de las cuencas ubicadas en el margen occidental de la Provincia del Golfo de México, está dominada por sedimentos carbonatados del Mesozoico, a los que sobreyace una potente sección terrígena del Cenozoico.

La Cuenca Terciaria de Veracruz, está integrada por dos secuencias de clásticos terrígenos, cada una es testigo de diferentes etapa del desarrollo de la cuenca. La secuencia mas antigua se depositó durante el Paleoceno, Eoceno Temprano y Medio, cuando la cuenca constituía la antefosa del cinturón laramídico, y está constituida por depósitos pelíticos tipo flysch. Esta secuencia ha sido perforada por algunos pozos al este del Frente Tectónico Sepultado y sobre este cinturón se encuentra cubierta discordantemente por el Eoceno Superior, lo cual permite pensar en una edad de Eoceno Temprano para la Orogenia Laramide (Mossman y Viniegra, 1976).

---

---

La secuencia mas joven oscila entre el Eoceno Superior y el Plioceno, misma que colmata la cuenca y traslapa progresivamente hacia el oeste al frente tectónico sepultado, su espesor en la parte más profunda de la cuenca es de  $\pm 8900$  m, presenta varias discordancias significativas y está constituida por lutitas, areniscas y conglomerados depositados en su mayoría en un ambiente batial ( Cruz Helú et a., 1977).

## 1.6.-Evolución Tectónica

La evolución tectónica de la cuenca de Veracruz, está íntimamente ligada al origen y evolución de los plegamientos de la Sierra Madre Oriental, que fueron principalmente fuente de sedimentos. La cuenca se formó durante el Paleógeno Temprano, como resultado de la deformación litostática originada por el levantamiento de la Plataforma de Córdoba, clasificándose como cuenca de antepaís, rellenándose del Eoceno Medio al Reciente con más de 9000 m de clásticos derivados de los carbonatos de la Plataforma de Córdoba, de material ígneo del Alto de Santa Ana, Alto de Anegada y de material metamórfico provenientes de la Mixtequita y de la Sierra de Juárez. Posteriormente durante el Mioceno Medio-Plioceno la cuenca sufrió una deformación postdeposicional que originó los principales elementos estructurales que se observan en la parte central de la cuenca (Figura 13).

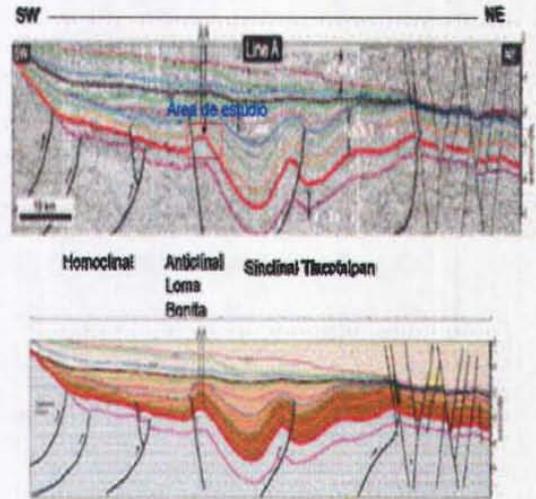
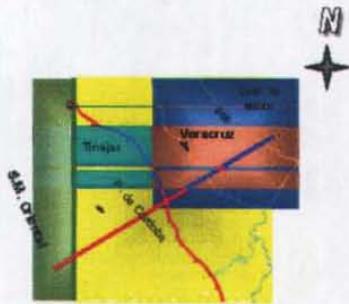


Figura 13. Sección Transversal de la cuenca de Veracruz (Jannette et al., 2001).

Esta deformación ocasiona en las líneas de costa, una serie de fluctuaciones (transgresiones y regresiones) asociadas a un levantamiento constante de la fuente de sedimentos, conjugado con un hundimiento continuo de las áreas de depósito. En general del Paleoceno al Eoceno, se tienen líneas de costa regresivas que se vuelven francamente transgresivas en el Eoceno Superior-Oligoceno, cuya serie en la margen occidental de la cuenca, descansa discordante sobre los sedimentos que varían de edad desde el Eoceno Medio hasta el Cretácico Medio. Así en resumen en el Paleoceno Temprano, se tiene un predominio de sedimentos arcillosos de aguas profundas.

Para el Paleoceno Tardío y Eoceno Temprano se desarrollan dos litofacies isócronas: una arcillosa de agua profunda y otra típica de corrientes de densidad arcillo-arenosa y en ocasiones conglomerática; en ambos casos con sus correspondientes biozonas de foraminíferos que reflejan la anatomía y evolución de la cuenca sedimentaria.

Para el Oligoceno gobierna un régimen transgresivo, la cuenca se rellena de sedimentos arcillo-arenosos de ambiente profundo.

---

---

En el Mioceno, se inicia la conformación de fallas de crecimiento debido al gran aporte de clásticos, que a su vez propicio un desequilibrio litostático provocado por el peso de los sedimentos, originando en el Mioceno Temprano un hundimiento y sedimentación rápida. Paralelamente un levantamiento de la porción oriental relacionado con el inicio de la actividad volcánica en la parte oriental del eje neovolcánico, fue determinante en la formación del depocentro de la cuenca. Dando lugar a la formación de los sedimentos arcillo-arenosos de aguas profundas que caracterizan a la arenisca "M", así con este tipo de sedimentos se reconoce al Mioceno Temprano y Medio respectivamente.

El levantamiento progresivo de la porción oriental asociado a deformaciones estructurales, provoca una subsidencia compensatoria en la cuenca y el depósito discordante del Mioceno Tardío representado por sedimentos arcillosos y arcillo-arenosos ricos en foraminíferos bentónicos.

El Plioceno Temprano está representado por sedimentos arcillo-arenosos del nerítico medio a batial superior, el Plioceno Medio se identifica por alternancias de lutitas y areniscas de ambiente nerítico medio .

Durante el Plioceno se acelera la actividad ígnea en el eje neovolcánico, ocasionando el cierre del ciclo sedimentológico debido al continuo levantamiento de la porción continental, que se reflejó en la configuración actual de la línea de costa.

Lo estrecho de la plataforma y el cambio abrupto entre ambientes de abanico deltáico y marino profundo, podría ser la respuesta a la activación de una falla sobre la margen occidental de la cuenca la cual tiene un rumbo noroeste y se inclina fuertemente hacia el oriente con una traza que coincide con un cambio abrupto del espesor de la secuencia del Oligoceno –Mioceno. La componente normal de esta falla pudo haber estado asociada a un movimiento lateral, sin embargo esta posibilidad está limitada por el hecho de que los abanicos submarinos descritos por Cruz Helú et al., 1977, en la margen occidental de la cuenca no muestran ningún desplazamiento lateral. Perfiles sísmicos de reflexión indican que el depósito de esta secuencia fue contemporáneo a

---

---

un levantamiento eventual de la margen oriental de la cuenca que se encuentra costa afuera. A este arqueamiento se conoce como Alto de Anegada.

A finales del Mioceno Medio la Cuenca Terciaria de Veracruz empieza a sufrir una deformación debido a un desplazamiento lateral derecho a través de fallas orientadas al noroeste. esta deformación se extendió progresivamente hacia el sureste como lo indica la edad más joven de los anticlinales de la región en la parte noroccidental de la cuenca. el desplazamiento lateral derecho está indicado claramente por los anticlinales en Echelon orientados al norte- noroeste, asociados a la falla loma bonita-víbora, estos pliegues se inclinan al oeste y constituyen a su vez el flanco occidental de un sinclinal que es paralelo al alineamiento loma bonita – víbora, el flanco oriental de este sinclinal se forma por lo menos de cuatro anticlinales con vergencia al oriente que al parecer forma otro sistema lateral derecho. Como resultado de este patrón estructural la sección transversal de esta parte de la cuenca muestra dos sistemas compresivos cuyas vergencias son opuestas y separados por un sinclinal que parece formar una estructura en forma de flor, la profundidad de la información sísmica limita cualquier especulación acerca de si estos dos sistemas compresivos se unen a profundidad a una falla de transcurrencia maestra.

En la parte suroriental de la cuenca el desplazamiento lateral derecho es menos evidente, pero podría estar en parte expresado por la relación angular entre la falla lateral derecha de los Tuxtles y los anticlinales orientados al este y noreste de esta porción de la cuenca. Es importante notar que los anticlinales orientados al este indican un acortamiento norte-sur y una extensión este-oeste; por tanto estas estructuras muy probablemente están relacionadas genéticamente a la deformación que produjo a las fallas laterales derechas loma bonita-víbora y los Tuxtla.

Durante el Mioceno Tardío-Cuaternario, la sedimentación y el fallamiento lateral derecho estuvieron acompañados por abundante vulcanismo alcalino y calcoalcalino en la región de los Tuxtles (Jacobo, 1992).

Los magmas calcoalcalinos están asociados a la provincia del eje volcánico transmexicano, por otro lado, los magmas alcalinos son correlacionables con los encontrados en el alto de Anegada y son de proveniencia sublitosférica, de esta manera es posible que en esta parte de la cuenca la zona de falla tenga un asentamiento profundo, aunque a la fecha el origen de la cuenca para el Neógeno está en discusión ya que los elementos de juicio con que se cuenta no son consistentes (Figura 14 ).



Figura 14. Mapa Tectónico Cuenca de Veracruz

## 1.7.-Estratigrafía

### Terciario

En la actualidad debido a las dificultades que presenta establecer límites formacionales por la similitud de cada una de las formaciones, se optó por establecer paquetes sedimentarios, omitiendo el nombre formacional y nombrándolos como unidades cronoestratigráficas de acuerdo a su contenido faunístico y no litológico.

---

---

## **Paleoceno**

Se encuentra constituido por lutitas arenosas, semicompactas, ligeramente calcáreas; marga café grisáceo de fractura concoide, con intercalaciones de caliza arenosa gris crema, compacta y arenisca de grano fino.

**Distribución:** En el área de estudio no aflora, sin embargo se encuentra en el subsuelo donde a sido atravesada por pozos exploratorios y de desarrollo.

**Espesor:** El espesor cortado por los pozos varia de 120 a 160 m.

**Relaciones Estratigráficas:** Sobreyace concordantemente a la formación Méndez e

**Ambiente de depósito:** Ambiente nerítico-batial.

## **Eoceno**

Estos sedimentos fueron reconocidos por Tschopp a lo largo de los ríos Soloxuchil, Chalchijapa y Coatzacoalcos, al SE de la Cuenca en el sinclinal de Ojitlán- Ixcatlán. Y esta compuesto de lutitas ligeramente calcáreas con delgadas intercalaciones de caliza, areniscas de grano fino a medio, que intemperizan a un color rojizo. Al SW de Playa Vicente, están formados por conglomerados, lutitas y escasas areniscas.

**Distribución:** No aflora en el área de estudio, en el subsuelo a sido cortada por pozo exploratorios y de desarrollo.

**Espesor:** El espesor cortado en la cuenca es de 50 a 60 m.

**Relaciones estratigráficas:** Infrayace concordantemente a los sedimentos del Oligoceno y subrayace de la misma manera a las rocas del Paleoceno.

**Ambiente de depósito:** Ambiente marino de aguas someras.

## **Oligoceno**

Tschopp también encontró en el límite SE de Veracruz las rocas del Oligoceno mismas que están constituidas por lutitas fosilíferas, del y tobas arenaceas con algunas intercalaciones de conglomerados.

**Distribución :** No aflora en el área de estudio, pero en el subsuelo a sido cortada por los pozos exploratorios y de desarrollo.

**Espesor:** El espesor cortado en la cuenca varia de 550 a 1200 m.

**Relaciones estratigráficas:** Sobreyace concordantemente con las rocas del Eoceno y suprayace de la misma forma a las rocas del Mioceno Inferior.

---

---

**Ambiente de depósito:** Nerítico Externo.

### **Mioceno Inferior**

El Mioceno Inferior fue reconocido por Tschopp en Santa Lucrecia y Oaxaqueña. Esta formado por lutitas intercaladas con areniscas.

**Distribución:** En el área de estudio no aflora, sin embargo en el subsuelo a sido atravesada por la mayoría de los pozos perforados.

**Espesor:** El espesor cortado por los pozos varia de 500 a 600 m.

**Relaciones estratigráficas:** Por posición estratigráfica descansa concordantemente sobre las rocas del Oligoceno y suprayace de la misma forma a las rocas del Mioceno medio.

**Ambiente de depósito:** Batial medio.

### **Mioceno Medio**

Las Rocas de esta edad, están formados por una sucesión de areniscas de grano medio a grueso, compactadas, cuarzosas, de colores ocre crema y rojizo; areniscas de grana fino a medio, color gris a gris azulado; con intercalaciones de lutita gris verdoso, numerosos fragmentos de conchas, abundante arena gruesa, de color rojizo, grisáceo y café.

La arenisca "M" de edad Mioceno Medio estudiada en este proyecto se encuentra constituida por arenisca de grano fino a grueso de cuarzo, feldespato, fragmentos de roca ígnea, metamórfica y fragmentos de roca calcárea, con matriz arcillosa, parcialmente cementadas por calcita, calcita ferrosa, dolomita ferrosa y minerales arcillosos antígenos como la combinación de illita/esmectita.

**Distribución:** Se encuentra ampliamente distribuida en el subsuelo del área en estudio.

**Espesor:** El espesor cortado por los pozos varia de 100 a 200 m.

**Relaciones estratigráficas:** Las rocas de esta edad Infrayacen concordantemente a las rocas del Mioceno Inferior y suprayacen de la misma forma a las rocas del Mioceno Superior.

## Mioceno Superior

El Mioceno Superior se encuentra descansando concordantemente sobre las rocas del Mioceno Medio, esta formado principalmente por arcillas arenosas en la base que gradúan hacia la cima en arenas arcillosa. Infrayace a las rocas del Plioceno.

**Distribución :** SE encuentra ampliamente distribuida en el subsuelo de la Cuenca de Veracruz.

**Espesor:** El espesor cortado por los pozos varia de 500 a 800 m.

**Relaciones Estratigráficas:** Sobreyace concordantemente a las rocas del Mioceno Medio e infrayace a las rocas del Plioceno.

**Ambiente de depósito:** Borde externo de plataforma.

## Plioceno

Los sedimentos de esta edad se encuentran constituidos principalmente por variaciones de arenas y lutitas de espesores delgados, gravillas formadas por fragmentos de roca ígnea, sedimentaria y metamórficas, abundantes fragmentos de conchas (Figura 15).

### Estratigrafía de la Cuenca Terciaria



Figura 15 Tabla Estratigráfica Cuenca de Veracruz

---

---

## **2 -METODOLOGÍA**

El procedimiento que se siguió para alcanzar los objetivos planteados fue: consultar fuentes de información relacionadas con el tema a investigar: libros, revistas, trabajos previos, tesis, informes y publicaciones

Con base en el análisis de la información previa, se selecciono la localidad del campo Cocuite para efectuar el estudio de caracterización del yacimiento "M" en 3 pozos (Cocuite 402, Cocuite-419 y Clís-1) que lo atravesaron.

Para el desarrollo de la presente investigación, se aplicaron los métodos de análisis de registros geofísicos, análisis de núcleos, análisis de catodolumiscencia, análisis de Microscopio Electrónico de Barrido (MEB), análisis de láminas delgadas.

### **2.1 Análisis Petrográfico**

En este estudio se analizaron 4 láminas delgadas del pozo Cocuite-402, 8 láminas del pozo Cocuite-419, así como la interpretación del el análisis petrográfico del pozo Clís-1 mediante las fotografías de láminas delgadas del núcleo 1, debido a que no se contó con este material.

Como primer paso se realizó el el análisis textural y mineralógico de las muestras que proporcionaron los siguientes datos:

- 1.-Procedencia de minerales
- 2.-Sucesión de eventos diagenéticos
- 3.-Tipo de proceso diagenético
- 4.-Influencia de la diagénesis en la porosidad de la roca
- 5.-Identificación de los principales factores que influyen en la porosidad y permeabilidad

En este trabajo el objetivo de este método fue entender la evolución posdeposicional de las rocas siliciclásticas en el campo Cocuite de la Cuenca Terciaria de Veracruz. La

---

---

aplicación particular de la técnica se inicia en detallar el equipo utilizado (Figura 16) y la preparación de la muestra.

**Equipo: microscopio de luz transmitida**



Figura 16. Microscopio Electrónico de Luz Trasmitada

El microscopio de luz transmitida es una herramienta básica para la descripción de las rocas sedimentarias. La descripción petrográfica proporciona información como:

- 1.- identificación de minerales;
- 2.-diferenciación de fases diagenéticas en los clásticos;
- 3.-análisis cuantitativo de minerales;
- 4.-paragénesis de minerales;
- 5.-descripción de porosidad

**Preparación de la muestra**

Las muestras se limpiaron con solventes para remover fluidos del espacio poroso, después se les aplicó una solución epoxica para asegurar la cohesión de la muestra durante el proceso en el que se pule la sección. Se agregó una tintura azul a la solución epoxica para resaltar los espacios porosos.

Cada una de las muestras se pulió hasta obtener un espesor de 30 micras. Para facilitar la identificación de cementos carbonatados, las muestras se sumergieron en una tintura compuesta de alizarina roja y ferricianina de potasio. Esta técnica realza la calcita en color rosa, la dolomita ferrosa en color azul y la calcita ferrosa de color morado. Las

---

---

areniscas también se tifieron con cobaltinitro de sodio, el cual tife los feldespatos de potasio de color amarillo (Figura 17).



Figura 17. Laminas Delgadas

## 2.2 Conteo de puntos

El método usado para obtener un análisis cuantitativo de los minerales de la roca sedimentaria es el conteo de puntos. El aparato es muy simple, consiste de una platina microscópica movable donde la muestra es montada y se conecta a un registro multicanal. Los canales corresponden a las partículas minerales o tipos de porosidad el operador tiene que elegir los diferentes tipos de minerales así como las porosidades (Figura 18).



Figura 18. Contador de Puntos Con Microscopio de Luz Trasmiteda

---

---

El operador puede especificar el número de puntos a ser registrados. Los minerales diagenéticos y clásticos se diferencian y registran así como los tipos de porosidad. El registro comprende 300 puntos, calculados como porcentaje.

La caracterización cuantitativa de la textura, mineralogía y porosidad de las muestras se obtuvo mediante el "conteo de puntos -análisis modal". El conteo de puntos se basa en la identificación de 300 puntos equidistantes entre si en una red cuadrada, utilizando una contadora automática y una unidad de registro de doce canales. Bajo cada uno de los 300 puntos indicados por el ocular del microscopio, se identifica el mineral y el tipo de porosidad.

### 2.3.-Porosímetro de gases

En este estudio se analizaron 3 muestras del núcleo-2 del pozo Cocuite 402 (parte superior, media e inferior), 3 del núcleo-1 del pozo Cocuite-419 y 3 del núcleo-1 del Clís-1.

El porosímetro de gases (propiedad de la UNAM) es un aparato de vidrio para una rápida obtención de la porosidad efectiva de la roca. El método consiste de una medida de volumen sin muestra a presión atmosférica y a una medida de volumen con muestra a presión menor. Este método aplica básicamente el principio de la ley de Boyle  $P_1V_1 = P_2V_2$  sin embargo, las medidas de volúmenes son obtenidas a presión atmosférica y presión baja en una simple operación.

El porosímetro está constituido de 5 componentes :

- 2 buretas de 50cc
- 1 sostenedor de la muestra
- 3 válvulas de paso de  $\frac{1}{4}$
- 1 tubo de vidrio junto a un regla métrica
- 1 nivel de vidrio de 500 cc con 200 cc de mercurio (Figura 19)



Figura 19. Porosímetro de Gases

El método consiste en medir un nuevo volumen de gas a presión menor que la atmosférica. Brevemente, la operación consiste de dos pasos para obtener el volumen de grano de la muestra y un tercer paso para obtener el volumen total de roca.

La muestra es colocada en el sostenedor cuidadosamente. Inicialmente el nivel del bulbo es llevado a la posición 1 donde el nivel del mercurio es ajustado a cero en la regla y se toma la primer lectura.

La válvula atmosférica se cierra y el nivel del bulbo es bajado a una distancia de 58 cm igual a la presión atmosférica en centímetros de mercurio (Hg). El nuevo nivel de mercurio se obtiene directamente en la bureta y corresponde al incremento en volumen de gas ( $\Delta v$ ) en centímetros cúbicos (cc) a la presión  $p_2$  se toma la segunda lectura.

### **Medición de la porosidad efectiva**

La porosidad es usualmente medida con registros de pozos, por análisis de núcleos, análisis de imagen de poros, así como mediante el conteo de puntos en lámina delgada

---

---

todas estas son técnicas que determinan porosidad y comparándolas pueden dar mejores resultados debido a que los métodos directos ayudan a calibrar los métodos indirectos.

En este estudio se evaluó en el laboratorio la porosidad efectiva a cada una de las muestras, mediante los siguientes parámetros: Volumen total de roca ( $V_r$ ), Volumen de poros conectados ( $V_{pc}$ ), Volumen de sólidos ( $V_s$ ).

Y aplicando la fórmula  $\phi_e = \frac{V_{pc}}{V_r} \times 100$  se determinó la porosidad efectiva.

$\phi_e$ = porosidad efectiva

$V_r$ = volumen de roca

$V_{pc}$ = volumen de poros comunicados (Figura 20).

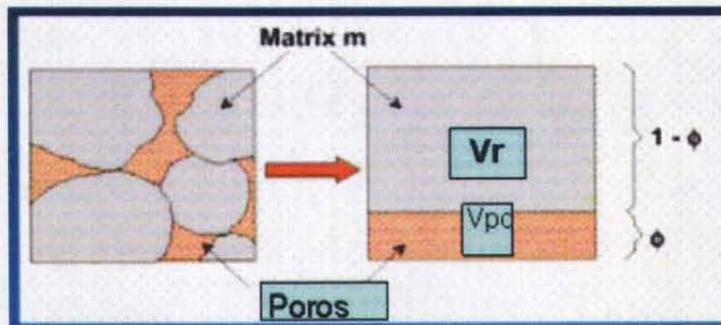


Figura 20 Relación de poros y de volumen de roca

Determinación del volumen de roca.

El volumen total de roca puede ser medido de la siguiente manera, en una muestra de geometría regular si es cilíndrica mejor, con un vernier se mide el diámetro de la muestra así como su espesor y mediante la fórmula para calcular el volumen de un cuerpo cilíndrico que es  $\text{Vol. Roca} = \pi r^2 h$  se obtiene el volumen total de roca  $r$ =radio,  $h$ =espesor.

Mediante la tabla 2 se puede referenciar y clasificar las porosidades obtenidas.

Despreciable	Entre 0 y 5 %
Pobre	Entre 5 y 10 %
Media	Entre 10 y 15 %
Buena	Entre 15 y 20 %
Muy buena	Mayor de 25 %

Tabla-2. Porosidad cualitativa (Levorsen, 1956; en Guillemot, J. 1971)

## 2.4.-Permeámetro

### Determinación de la permeabilidad absoluta de una roca en el laboratorio.

Los datos de permeabilidad fueron obtenidos de los informes de los pozos estudiados, mismos que fueron elaborados por la compañía Corelab. El motivo fue que no se contó con los tapones de los núcleos para poder determinar la permeabilidad en el laboratorio

Se corta una muestra cilíndrica y se le extraen los fluidos.

Se satura la muestra con un fluido que cumpla con lo siguiente

- 1.-Sature 100 % la muestra.
- 2.-Moje los sólidos de la muestra.
- 3.-No reaccione con los sólidos de la muestra.

Se coloca la muestra en un permeámetro de líquidos y se hace circular fluido igual al que satura la muestra.

Se mide la caída de presión en la longitud de la muestra y el gasto del fluido correspondiente.

Se aplica la ecuación de Darcy, considerando la geometría de la muestra y la viscosidad del fluido circulante.

$Q_r \mu_f L$

$K_a =$  Permeabilidad absoluta(md)

---

---

$$K_a = \frac{q_f}{A \times \Delta P}$$

$q_f$  = Gasto del fluido circulante  
 $\mu_r$  = Viscosidad del fluido circulante(s)  
 $L$  = longitud de la roca (cm)  
 $A$  = Área de la roca, transversal al flujo (cm<sup>2</sup>)  
 $\Delta P$  = Diferencia de presiones en  $L$  (atm)

## 2.5.-Catodoluminiscopio

En este estudio se analizaron 9 muestras, 3 del núcleo 2 pozo Cocuite-402 (profundidad 2708-2717 m), 3 del núcleo-1 del pozo Cocuite-419 (profundidad 2713-2722 m) y 3 del núcleo-2 del pozo Clís-1 (profundidad 3584-3593 m).

La catodoluminiscencia (CL) es la luz visible emitida por la superficie de un mineral cuando es bombardeado con electrones en un vacío. El uso temprano de la catodoluminiscencia en la geología fue hecho por Long and Agrell (1965) y Sippel (1968). Desde hace tiempo el luminoscopio comercial y los detectores de luminiscencia tuvieron un estancamiento y ahora la catodoluminiscencia es una técnica estándar en la descripción petrográfica de muestras de rocas (Figura 21).



Figura 21. Luminoscopio

Trabajos detallados recientes en carbonatos han demostrado un eslabón entre la presencia de ciertos cationes substituidos por el calcio (Ca) y magnesio (Mg) en el enrejado de minerales comunes carbonatados y la activación o desactivación de la luminiscencia (Reeder, 1986; Mason, 1987; Walker et al., 1989). El Mn es el mejor

---

---

activador de luminiscencia, mientras que el Hierro es el apagador mas común. La relativa concentración de fierro en la calcita, por ejemplo aparece el control de intensidad de la luminiscencia (Fairchild, 1983).

La catodoluminiscencia en el cuarzo a incrementado su atención en los últimos años (Zinkernagel, 1978; Ramseyer et al., 1988; Walker et al., 1989). Esta apariencia de cambio de color de la luminiscencia del cuarzo está controlada por los elementos traza o impurezas y defectos en el cristal que no dependen del SiO (Ramseyer et al., 1988). Dependiendo de la naturaleza del defecto o impureza, la luminiscencia del cuarzo puede tener un rango de café, rojo y azul (tabla 3).

Observaciones de emisión de luz de colores de los granos de cuarzo en sedimentos clásticos revelan tres tipos distintos de luminiscencia:

- 1.- Granos de cuarzo con luminiscencia violeta, en este caso la intensidad de emisión de azul a rojo puede cambiar a favor de uno o de otro.
- 2.-Granos de cuarzo con luminiscencia café con variaciones en la intensidad de emisión( de claro a café oscuro)
- 3.- Cuarzo no luminiscente

Las propiedades luminiscentes de los granos de cuarzo son adquiridos probablemente durante el origen de cristalización de la roca fuente. Esto puede probar por comparación la luminiscencia de cuarzo en areniscas con la del cuarzo de la roca fuente (Richter y Zinkernage, 1975, citado por Zinkernagel, 1978).

Los análisis de luminiscencia de cuarzo en sedimentos clásticos y rocas cristalinas de diferente edad e historia geológica muestran que los tipos de luminiscencia de cuarzo, están limitados a tipos especiales de roca, las cuales representan condiciones específicas de temperatura durante la formación de la roca:

- a).-El Cuarzo con luminiscencia "violeta" se encuentra en rocas volcánica y plutónicas en donde el cuarzo cristaliza en condiciones ( $> 573 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Un segundo grupo de cuarzo

violeta puede ser observado en rocas con alto grado de metamorfismo con el subsiguiente enfriamiento rápido.

b).-Cuarzo de bajo grado (< 573 °C) presente en rocas metamórficas muestran luminiscencia café

c).-Cuarzo no luminiscente formado diageneticamente. Esto es valido solamente para sedimentos que no fueron expuestos a temperaturas subsecuentes aproximadas a 300 °C. Rocas de bajo grado metamórfico ("low stage", Winkler, 1970) tienen cuarzo autigénico con luminiscencia café.

Tipo luminiscencia	Color luminiscencia	Condiciones de temperatura	O c u r r e n c i a		
I	Violeta (variación entre azul-violeta y rojo-violeta)	> 573°C	Volcánicas	Plutónicas	Contacto metamórfico
II	Café	>573°C Enfriamiento lento	Alto grado de metamorfismo regional	a).- Rocas ígneas metamorfoseadas	
		300°C a 573°C	Rocas metamórficas de bajo grado	b).-Metasedimentos	
III	No luminiscente	< 300 °C	Cuarzo autigénico en sedimentos	a) Rocas contacto metamórfico	
				b).Metamórfico regional	
				c).Sedimentos templados(cuarzo autigénico)	

Tabla 3. Tipo de luminiscencia de cuarzo con respecto al tipo de roca específico y su historia de temperatura( Zinkernagel, 1978).

---

---

El incremento de intensidad en el rango azul es típico de un cuarzo de alta temperatura con enfriamiento rápido. Esto está bien demostrado por la comparación de rocas volcánicas y plutónicas. En las rocas volcánicas la emisión azul es más intensa, probablemente por el enfriamiento rápido, mientras que la emisión del cuarzo plutónico es "violeta"

La distinción entre la luminiscencia del cuarzo "violeta" y café es subjetiva. Las medidas espectrales de la emisión de luz revelan que el paso gradual de azul-azul-violeta-violeta-rojo-violeta—café-café-rojo a luminiscencia café ocurre. Recordando que la luminiscencia del cuarzo depende del tiempo, temperatura de cristalización y velocidad de enfriamiento, se deben esperar dichas diferencias de colores de luminiscencia, porque todas las combinaciones entre los factores determinantes son posibles en las rocas naturales.

La técnica de catodoluminiscencia, es de gran valor como herramienta petrográfica para la identificación de minerales, estudios de proveniencia, diferenciación de fases diagenéticas, aplicación en muestras fosilíferas, detríticas y el entendimiento de la paragénesis mineral.

Los electrones secundarios, electrones Auger, los rayos X y la luz son emitidos a partir del volumen excitado del material, mientras que los electrones retrodispersos son reflejados como carga de energía producto de la interacción con el estado sólido. La luz emitida por la interacción entre haz de electrones –muestra es la que constituye la catodoluminiscencia (Figura 22).

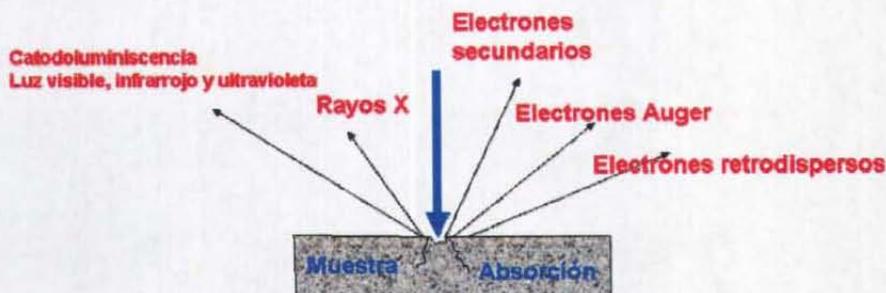


Figura-22 Representación esquemática de las energías emitidas por la interacción entre un haz de electrones contra una muestra (tomado de Walker and Burley, 1991).

---

---

Los requerimientos básicos para excitar la CL en materiales cristalinos consiste de una fuente de electrones, una cámara de vacío para colocar la muestra que va a ser excitada y una ventana en esta cámara para observar la luminiscencia.

El Mn es la fuente principal de luminiscencia, el Fe retarda ("apaga") la luminiscencia. La fuerza de la luminiscencia es independiente de la concentración absoluta del Mn, pero depende de la relación Mn/Fe en la muestra de roca. Cualquier cambio en la relación Mn/Fe produce grandes variaciones en luminiscencia dentro de un cristal simple.

Esto puede resultar en una catodoluminiscencia exquisita en una zonación dentro de cementos de dolomita. La variación en la relación de Mn/Fe es causada por los cambios en la fuente de Fe y Mn del agua contenida en los poros, en el estado de oxidación del agua de los poros y en el contenido de H<sub>2</sub>S. La luminiscencia responde al pH y al Eh, variaciones pequeñas de Eh pueden producir grandes cambios en la luminiscencia, por lo cual es el más importante de los dos factores.

El efecto de CL en los minerales puede deberse a dos causas principales; primero a la presencia de tierras raras como elementos activadores en los minerales y segundo debido a distorsiones cristalinas que fungen como centros emisores de CL.

La propiedad de un mineral a ser luminiscente o no, esta controlada por cualidades inherentes a los elementos traza que contiene. De esta manera se puede tener activadores o inhibidores de la CL. Del efecto de uno de ellos o la combinación de varios dependerá la emisión de la CL pudiendo ser débil, alta o no luminiscente.

Los activadores mas comunes son elementos de transición y tierras raras, son comunes los activadores en óxidos binarios: Mn, Ag, Sn, Sb, Ti, Cr, Fe, Co, Ni. El activador mas abundante e importante en calcita y dolomita es el Mn. La emisión provocada por este elemento en carbonatos varia de rojo-naranja a amarillo-naranja en los valores de longitud de onda de 570-640 nm y 590-620 nm para la calcita y 640-680 nm en dolomita.

---

---

Los elementos que actúan como inhibidores en carbonatos y en la mayoría de los minerales dominados por oxígeno son el Fe, Co, Ni y otros, donde el principal inhibidor de CL es el Fe ( Walker y Burley, 1991).

La característica emisión de CL de amarillo a rojo es debida a la presencia de manganeso divalente en concentraciones de unas cuantas ppm a cerca de 1%. La presencia de  $Fe^{2+}$  inhibe esta luminiscencia.

El ion  $Mn^{2+}$  por lo general muestra una fuerte preferencia por la posición del Mg en dolomitas resultando en una emisión roja comparado con la calcita donde el  $Mn^{2+}$  esta claramente en una posición del Ca.

La catodoluminiscencia puede aplicarse para determinar, la distribución de diferentes minerales dentro de una muestra (usualmente secciones delgadas) los que pueden ser visualizados rápidamente. Por ejemplo la calcita y la dolomita muestran diferentes luminiscencias, así como los diferentes tipos de cemento.

### **Preparación de la muestra**

La catodoluminiscencia puede ser obtenida de una superficie altamente pulida, puede ser un pedacito de roca o una lámina delgada. Usualmente se utiliza una sección delgada pulida sin cubrir.

El principal requerimiento para la CL es que la superficie debe estar extremadamente pulida. Una sección delgada que no esté bien pulida produce una imagen pobre de luminiscencia y las sombras pueden resultar a partir de los puntos de alto relieve del espécimen.

Para un mejor resultado la muestra debe ser terminada con pasta de diamante a 0.25  $\mu m$ . Una muestra manchada puede ser usada para CL pero la mancha tiende a ser descolorida por el electrón emitido y la reacción de la solución manchada con la superficie de la roca reduce la calidad del acabado de la superficie.

---

---

En general técnicas de manchado pueden ser aplicada a muestras después de la CL, o alternativamente el manchado puede ser removido antes de la CL por pulido.

## **2.6 Microscopio Electrónico de Barrido(MEB).**

Se analizaron 3 muestras del núcleo-2 del pozo Cocuite 402, 3 del núcleo-1 del pozo Cocuite-419 y se tomó información (fotografías) del informe del pozo Clís-1 para efectuar el análisis de MEB.

El MEB es una excelente herramienta para detallar la morfología de los minerales, la relación de grano-cemento y la porosidad especialmente la microporosidad. El primer MEB fue fabricado en 1965.

Un microscopio es un sistema óptico que magnifica objetos pequeños para examinarlos con luz natural o luz emitida por una fuente artificial. En el microscopio electrónico, en lugar de luz se utiliza un haz electrónico para formar la imagen. El microscopio electrónico es un instrumento que se ha convertido en una herramienta indispensable para muchas investigaciones científicas, debido a sus características tal como su gran profundidad de campo y resolución. En un microscopio óptico la resolución es igual a la longitud de onda de la luz, esto es 6000 Angstroms, mientras que en un microscopio electrónico de barrido(MEB) la resolución es de 50 a 100 Angstroms. Por otra parte, un MEB tiene un rango significativo de aumentos más altos( 10x – 180000 x) y la preparación de la muestra es relativamente fácil así como la identificación de lo observado pues sus imágenes son tridimensionales. El MEB junto con sus detectores de rayos X, hace posible identificar minerales muy pequeños y examinar la forma y distribución de estos minerales. Se usa principalmente para el estudio de superficies o la estructura superficial de muestras gruesas de los que proporciona imágenes tridimensionales.

Un microscopio electrónico de barrido, consiste de una columna óptica electrónica y de una consola electrónica. La muestra lista para ser observada se coloca en la cámara de muestras dentro de la columna óptica electrónica evacuada a alto vacío. La imagen del microscopio electrónico de barrido se forma por un haz electrónico dirigido hacia la

---

---

muestra, dicho haz es generado a partir de un cañón electrónico en el que como cátodo se encuentra un filamento de tungsteno que es calentado por un sistema de emisión termoiónica a una temperatura que excede los 2700 ° K, este filamento emite abundantes electrones que producen un potencial negativo con respecto al ánodo y estos son rápidamente acelerados hacia el ánodo a través de la columna electrónica, con un voltaje de aceleración 2 KV, disminuyéndose y enfocándose a través de una serie de lentes electromagnéticas hasta incidir dentro del haz finamente enfocado que incide sobre la muestra (Figura 23).



Figura 23. Microscopio Electrónico de Barrido

## Preparación de la muestra

La preparación de la muestra para la observación de la superficie de los fragmentos de roca es relativamente simple, pero deben seguirse algunas reglas importantes. Dos de las cuales son: Primero, las rocas que están impregnadas de hidrocarburo o que contengan aceite residual es necesario limpiarlas con algunos solventes o de lo contrario el hidrocarburo puede evaporarse por los rayos de electrones y hacer que la columna del MEB se oscurezca y reduzca la calidad de la imagen. Las muestras que contienen agua pueden secarse con aire y no necesitan ser tratadas con solventes. Segundo, la muestra necesita ser montada, en un porta objetos, el montaje se efectúa usando un pegamento el cual es estable a altas temperaturas y cualquier material suelto puede ser removido: El espécimen está cubierto por un material conductivo

---

---

( usualmente se usa oro o carbón) para quitar la carga eléctrica que se construye en la parte superior de la muestra durante la operación del MEB (Figura 24).



Figura 24. Muestras preparadas para el análisis de MEB

Las principales aplicaciones del MEB son:

- 1.-identificación de minerales
- 2.-diferenciación de fases diagenéticas y clásticas
- 3.-observación de la textura de los minerales
- 4.-descripción de la porosidad

La identificación de minerales usando el MEB es ayudado por el sistema de dispersión de energía de rayos X (EDS), que permite la distribución elemental a ser obtenida por un simple punto de 1  $\mu\text{m}$  de diámetro, o de un área entera de la pantalla (Trewin, 1988). Esta información es comúnmente usada como suplemento morfológico y observaciones texturales de tipos de minerales. El MEB es una herramienta útil para distinguir minerales diagenéticos de detríticos específicamente las arcillas.

Por ejemplo en muestras de areniscas que contengan illita tabular e illita fibrosa, la illita tabular es interpretada como representación temprana, probablemente fase clástica, introducida por flujos de lodo a través de la arena y atrapada contra la superficie de los granos, mientras que la illita fibrosa es interpretada como fase diagenética tardía.

---

---

La información textural obtenida del MEB puede usarse para construir historias paragenéticas (Burley, 1984, 1986; Huggentt, 1984, 1986; Kantorowicz, 1985). Por Ejemplo, en muestras de arenisca donde se presenta cemento de cuarzo encerrando kaolinita, sugiere que la kaolinita fue precipitada primero, si la kaolinita aparece en el resto de la superficie del grano de cuarzo, sugiere que el cuarzo se depositó primero. De esas observaciones se concluye que el cuarzo y la kaolinita fueron precipitados en general contemporáneos, o que fueron dos generaciones una temprana depósito de kaolinita y una tardía sedimentación del cuarzo.

El MEB es usado para observar porosidad, particularmente microporosidad y la conectividad entre los poros.

## **2.7 Unidades de Flujo**

Varias técnicas han sido propuestas para identificar las unidades de flujo (Amaelfule, et al., 1993, y Gunter, et al., 1997). La técnica para identificar las unidades de flujo disponibles es el análisis de la porosidad y permeabilidad de núcleos.

La técnica utilizada en el presente estudio para identificar las unidades de flujo fue la de (Hearn, 1984) misma que establece " los rangos de porosidad y permeabilidad son usados para subdividir el yacimiento en diferentes unidades de flujo."

La porosidad puede ser evaluada de registros de pozos, debido a que una gran cantidad de pozos cuentan con estos datos. Sin embargo los datos de permeabilidad significa la identificación de los límites de las unidades de flujo en el yacimiento pueden ser por métodos petrofísicos.

Inicialmente la estratigrafía, el análisis petrográfico de núcleos, la correlación con registros y el mejor tipo de roca son combinados para describir diferentes cuerpos "facies" de rocas sedimentarias que tienen distintos atributos, físicos, químicos y biológicos dentro de la formación. Dentro de una facies dada las propiedades del yacimiento pueden variar significativamente. Estas variaciones están dirigidas a una

---

---

futura subdivisión conocida como unidades de flujo. Las unidades de flujo son regiones en la secuencia sedimentaria que controlan los flujos de los fluidos en el yacimiento (Hearn, 1984).

### **3.-CARACTERIZACIÓN ESTÁTICA DE LA ARENISCA “M”**

La geología, aplicable a la producción de hidrocarburos, ha evolucionado substancialmente a partir de 1975. Las características de las formaciones productoras se obtienen principalmente a partir de : a) la información derivada de registros geofísicos (sismológicos, eléctricos, radiactivos) y b) el análisis de muestras de las rocas , donde se puede observar las variaciones de las propiedades de la roca.

Las facies sedimentarias originales tienen un notable efecto en el desarrollo subsecuente de la porosidad y permeabilidad. Por lo tanto el análisis del medio ambiente depositacional es muy útil en la identificación de las características de la porosidad y sus tendencias.

---

---

### 3.1 Estudios Petrográficos.

A continuación se presentan los resultados del estudio petrográfico :

#### Pozo Cocuite 402

##### Pozo Cocuite 402, Núcleo 2

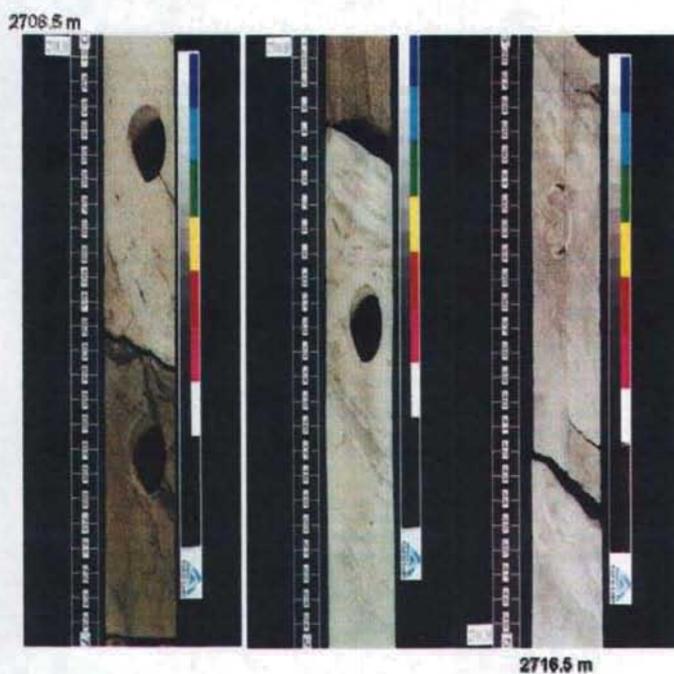
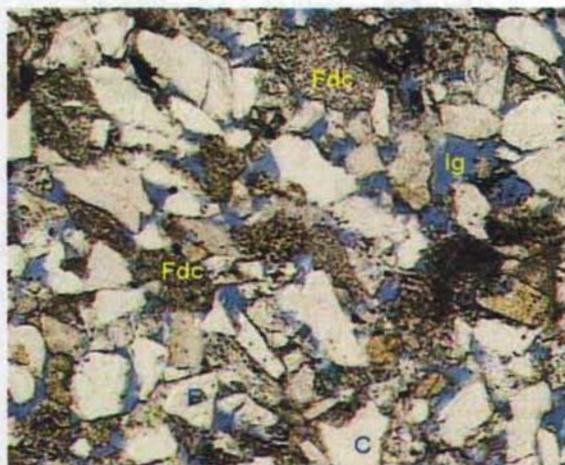


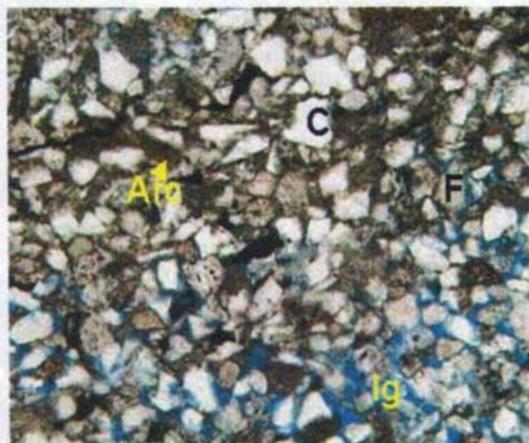
Figura 25. Núcleo-2



Objetivo 10 X



Lamina-1 profundidad (2708.70 m.), es areniscas de grano fino a medio constituidas principalmente por granos de cuarzo (C), feldespato (F), fragmentos de caliza (Fdc), y fragmentos líticos subangulosos, regularmente clasificada, parcialmente cementada con calcita ferrosa (Fcal), dolomita ferrosa (Fdol), con promedio de grano de 0.13 a 0.26 mm., con porosidad intergranular (ig) del 14 %, 1.0 % matriz arcillosa.



Objetivo 10 X



Lámina 2 (profundidad 2709.00 m), arenisca arcillosa de grano fino de cuarzo (C), feldespato (F) y fragmentos de roca ígnea (Fdi), fragmentos de caliza (Fdc),

---

---

regularmente clasificada con matriz arcillosa(Arc), pobremente cementada con material arcillo-calcáreo, se observa fractura sellada con material negro carbonoso, con Tamaño promedio de grano de 0.10 a 0.13 mm, porosidad intergranular de 6.3 % y 33.5 % matriz arcillosa.



Objetivo 10 X

0.1 mm 0.1 2

Lámina 3 (profundidad 2716.40 m) con el análisis petrográfico se determinó como arenisca de grano fino de cuarzo (C), feldespato potasico (F) y fragmentos líticos subangulosos regularmente clasificada, con matriz arcillosa y cementante calcáreo incipiente, con tamaño promedio de grano de 0.12 mm, porosidad intergranular de 0.3 % y 60 % matriz arcillosa.

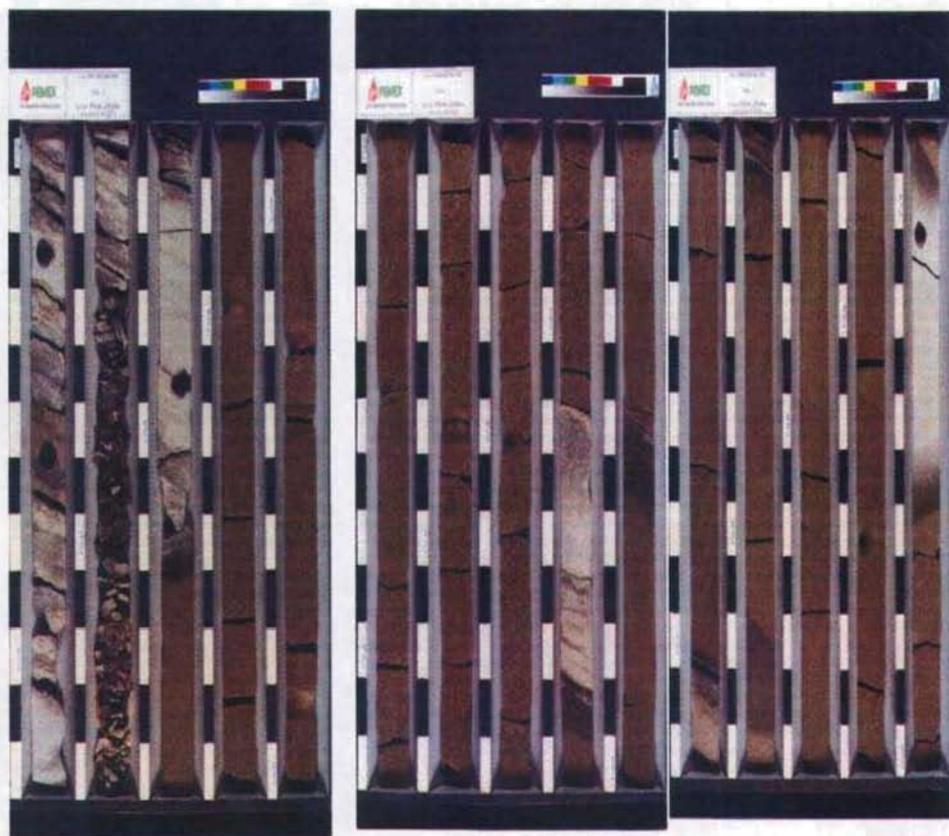


Figura 26. Núcleo -1

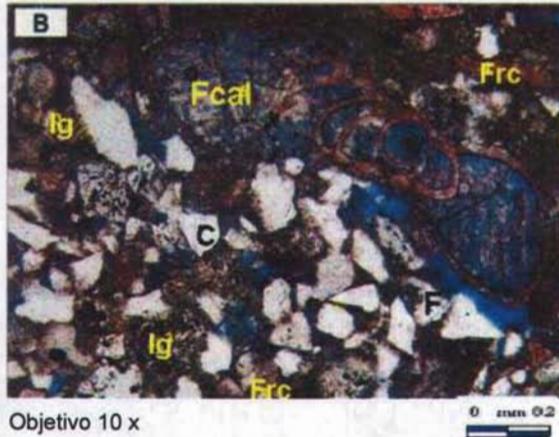


Lámina 4 (profundidad 2713.11 m). Arenisca de grano fino de cuarzo (C), feldespato (F), fragmentos de roca ígnea (Ig) y fragmentos de caliza (Frc), subredondeados, bien clasificados, matriz arcillosa y cementante calcáreo-ferroso (Fcal), se observa fragmentos de fósiles, con tamaño promedio de grano de 0.12 mm, porosidad intergranular de 3 % y porosidad intergranular de 0.7 %.

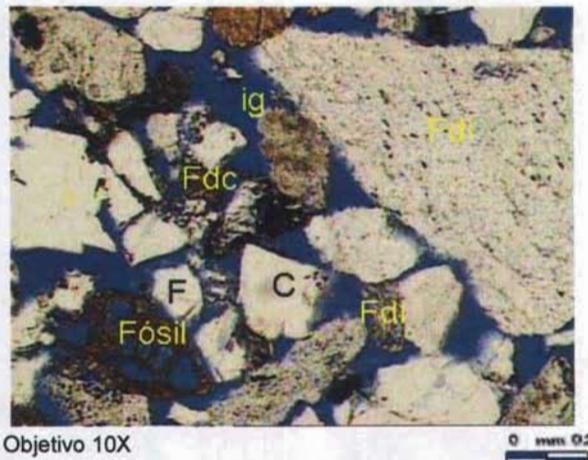
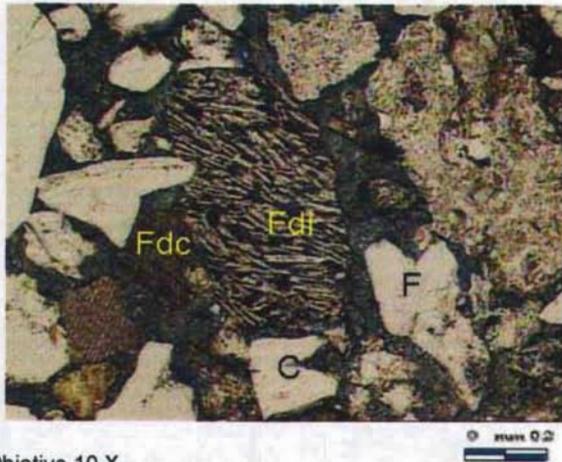
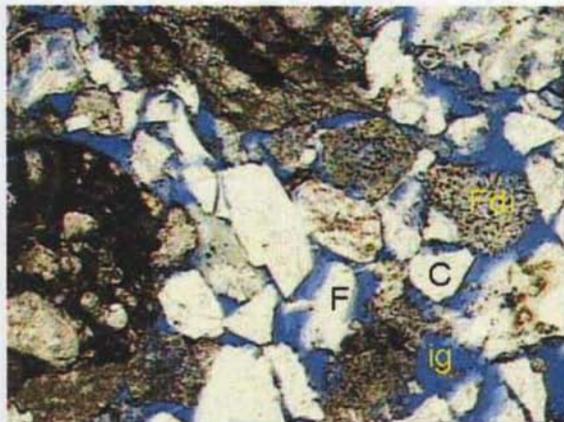


Lámina 5 (profundidad 2716.96). Areniscas de grano grueso constituida principalmente de cuarzo (monocristalino y policristalino)(C ), feldespato (plagioclasa) (F), fragmentos de roca ígnea (Fdi), fragmentos de caliza (Fdc), regularmente clasificada, poco cementada, con tamaño promedio de grano de 0.52 mm, porosidad intergranular de 13.7 % y porosidad intragranular de 0.7 a 1.0 %.



Objetivo 10 X

Lámina 6 (profundidad 2718.24 m). Areniscas de grano grueso constituida principalmente de cuarzo (monocristalino y policristalino), feldespato (plagioclasa), fragmentos de roca ígnea (Fdi), fragmentos de caliza (Fdc), regularmente clasificada, poco cementada, con tamaño promedio de grano de 0.52 mm, con mayor compactación mecánica y menor cantidad de poros intergranulares abiertos, porosidad intergranular 0.3 %, intragranular 1.2 %.



Objetivo 10 X

Lámina 7 (profundidad 2719.96 m). Arenisca de grano fino constituidas principalmente por cuarzo (monocristalino y policristalino), feldespato, fragmentos de roca ígnea (Fdi),

---

---

cementación incipiente, con tamaño promedio de grano de 0.21 mm, porosidad intergranular (ig) de 15 % y porosidad intragranular de 1.0 %.

### Pozo Clís 1

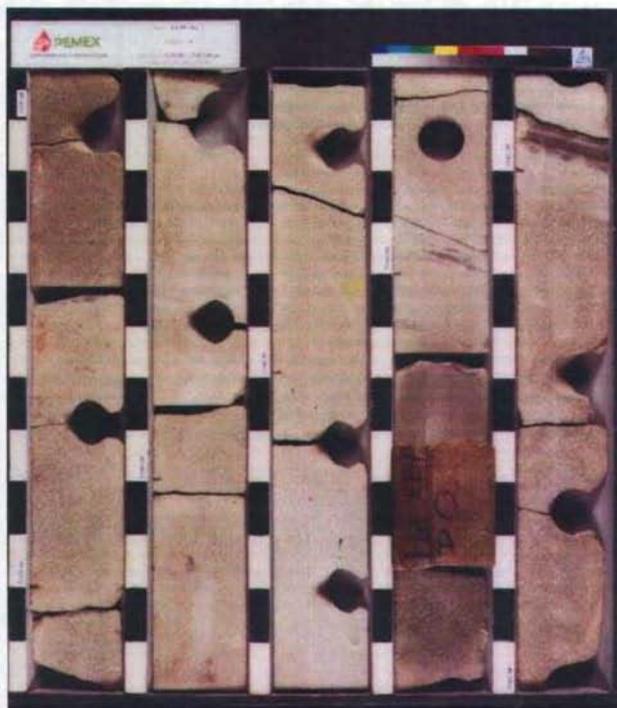
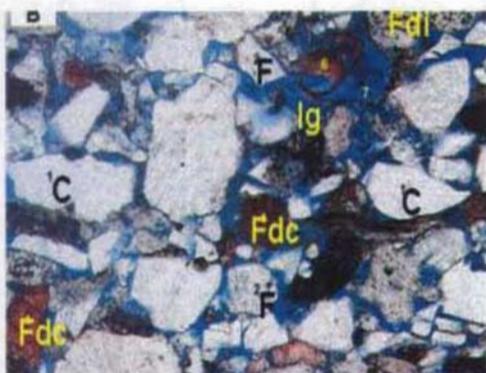
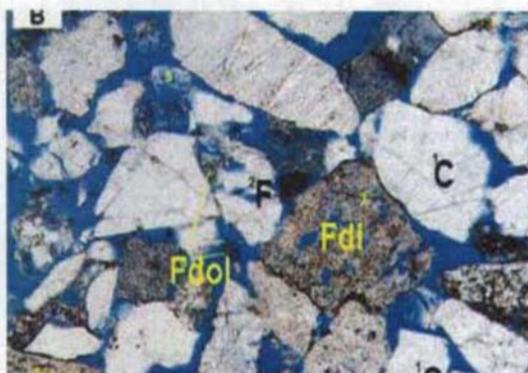
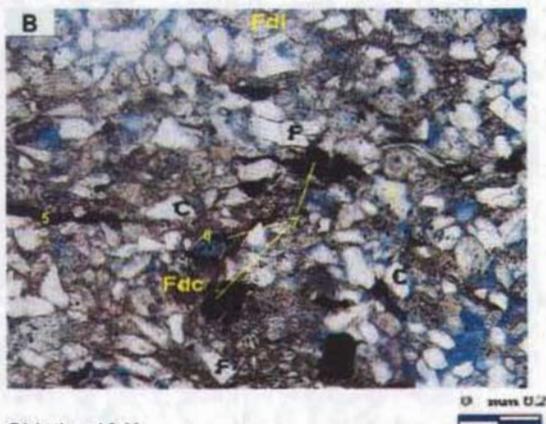


Figura 27. Núcleo 1



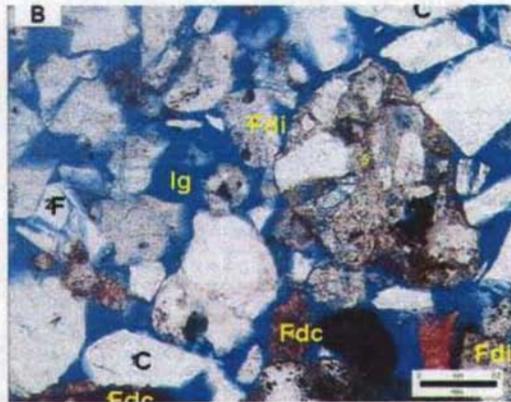
Objetivo 10 X

Lámina 8 (profundidades 3339.82 m, 3341.68 m). Areniscas de grano fino a medio constituida principalmente de cuarzo(monocristalino y policristalino), feldespato, fragmentos de roca ígnea(Fdi), fragmentos de caliza(Fdc), regularmente clasificada, cementación incipiente de dolomita ferrosa(Fdol), tamaño promedio de grano de 0.21 a 0.35 mm, porosidad intergranular 14 a 15.3 % e intragranular de 1.3 a 1.0 %.



Objetivo 10 X

Lámina 9 (profundidad 3343.88 m). Arenisca arcillosa de grano fino constituida principalmente de cuarzo (monocristalino y policristalino), feldespato (plagioclasa), esporádicos fragmentos de caliza (Fdc) fragmentos de roca ígnea (Fdi), subangulosos, moderadamente clasificada, matriz clástica, porosidad intergranular del 2.0 % e intragranular de 1.5 %, tamaño de grano promedio de 0.120 mm.



Objetivo 10X

0 mm 0.2

Lámina 10 (profundidad 3345.87 m). Arenisca de grano medio constituida principalmente de cuarzo (monocristalino y policristalino), feldespato, fragmentos de roca ígnea(Fdi), fragmentos de caliza(Fdc), regularmente clasificada, poco cementada, se observa disolución de feldespatos, tamaño promedio de grano de 0.31 mm, porosidad intergranular 14.3 %

### 3.2 Conteo de Puntos

Con el análisis de conteo de puntos se determinaron los siguientes minerales:

#### Pozo Cocuite 402

#### Núcleo 2 (2708-2717 m)

Profundidad(m)		2708.70	2709.00	2709.15	2716.40
Tamaño del grano(mm)		0.13	0.10	0.13	0.12
Cuarzo	Monocristalino	15.0	26.3	19.3	15.3
	Policristalino	5.7	2.7	3.7	
Feldespato	Potasio	6.5	0.8	7.0	5.0
	Plagioclasa	16.3	11.6	22.7	9.7
Fragmentos Líticos	Ígneos	7.0	3.7	7.0	0.3
	Metamórficos	2.3			4.7
	Calcáreos	17.0	6.3	15.7	
	Pedernal				
	Arcillosos				
Secundarios	Micas	1.5	1.0	0.7	
	Clastos orgánicos		1.7		
	M. Pesados	0.3			
Matriz detrítica	Arcilla	1.0	33.5	8.3	60.1
			0.3		
Arcilla Autigénica	Clorita				
	Capa mixta Ilita/Esmectita	0.3		0.3	
	Indeterminada		1.5		
Cemento no arcilloso	Cuarzo Autigénico	1.3	1.5	1.0	2.7
	Feldespato Autigénico	0.3		0.7	
	Dolomita-Fe	0.3		0.3	
	Calcita-Fe	6.0	2.0	2.7	
	Calcita-Fe(sustituir)	0.7		0.3	
	Siderita			1.3	
	Pirita	1.0	1.0	0.3	1.3
	Oxido de Titaneo	1.3		0.7	
Porosidad	Intergranular	14.0	7.3	9.7	0.3
	Intragranular				
	Móldica				

Tabla 4. Datos del conteo de puntos del pozo Cocuite-402

Pozo Cocuite 419

Núcleo 1 (2713-2722 m)

Profundidad(m)		2713.11	2713.29	2715.87	2716.96
Tamaño del grano(mm)		0.14	0.11	0.55	0.50
Cuarzo	Monocristalino	15.3	16.3	9.7	10.0
	Policristalino	1.7	1.0	8.7	8.0
Feldespato	Potasio	3.3	3.7	0.7	1.0
	Plagioclasa	12.0	13.0	7.3	8.0
Fragmentos Líticos	Ígneos	22.7	18.5	29.3	17.4
	Metamórficos	2.7	1.7	7.7	8.7
	Calcáreos	8.0	10.0	4.7	6.0
	Pedernal	0.7	1.3	1.0	0.7
	Arcillosos	0.3	0.3	0.7	0.3
Secundarios	Micas	0.3	1.7		0.3
	M. Pesados	1.0	0.7	0.3	0.3
	Fósiles indeterminados	2.7	4.7	0.7	1.0
	Materia Orgánica	1.0	0.7		
Matriz detrítica	Arcilla	3.7			
Arcilla Autigénica	Clorita	0.7	1.0	0.7	1.0
	Capa mixta Illita/Esmectita				
	Indeterminada	1.0			
Cemento no arcilloso	Cuarzo Autigénico	0.3	0.7	1.0	0.7
	Feldespato Autigénico	0.7	0.7	0.7	0.3
	Dolomita-Fe			2.0	1.3
	Calcita-Fe	10.7	1.7	0.7	0.7
	Calcita-Fe(sustituir)	7.0	2.0	1.7	2.7
	Siderita	1.0	0.3	1.7	2.7
	Pirita	0.7	1.0	0.7	0.3
	Otros	0.3	0.7		
Porosidad	Intergranular		4.7	13.7	11.0
	Intragranular	0.7	1.3	1.0	0.7
	Módica		0.7	0.3	0.3

Tabla 5. Datos del conteo de puntos del pozo Cocuite-419

Pozo Cocuite 419

Núcleo 1 (2713-2722 m)

Profundidad(m)		2718.24	2719.44	2719.96	2720.87
Tamaño del grano(mm)		0.50	0.23	0.20	0.25
Cuarzo	Monocristalino	12.3	8.3	9.0	10.0
	Policristalino	5.3	5.0	6.7	8.0
Feldespato	Potasio	1.7	2.7	3.3	2.0
	Plagioclasa	9.7	10.7	10.0	11.3
Fragmentos Líticos	Ígneos	24.1	27.0	26.6	25.7
	Metamórficos	9.0	7.0	6.0	8.0
	Calcáreos	7.0	4.7	5.0	4.0
	Pedernal	1.7	0.3	0.7	0.7
	Arcillosos	0.7	0.7	0.3	0.7
Secundarios	Micas		0.7	1.0	0.7
	M. Pesados		0.3	0.3	0.3
	Fósiles indeterminados	1.0	1.0	0.7	0.7
	Materia Orgánica	1.0			
Matriz detrítica	Arcilla	3.7			
Arcilla Autigénica	Clorita	0.7	2.3	2.0	1.7
	Capa mixta Illita/Esmectita Indeterminada	0.3	0.7	0.3	0.7
Cemento no arcilloso	Cuarzo Autigénico	0.7	2.0	1.0	1.7
	Feldespato Autigénico	0.3	1.3	0.7	1.0
	Dolomita-Fe	2.0	1.0	1.3	1.3
	Calcita-Fe	8.7	1.3	1.0	0.7
	Calcita-Fe(sustituir)	2.7	2.7	2.0	1.3
	Siderita	0.3	1.0	0.7	1.3
	Pirita	0.7	1.0	0.7	1.3
	Otros		0.3	0.3	0.3
Porosidad	Intergranular		13.0	15.0	11.7
	Intragranular	1.0	1.0	1.3	1.0
	Móldica	0.3	0.3	0.7	0.3

Tabla 6. Datos del conteo de puntos del pozo Cocuite-419

**Pozo Clís-1**

**Núcleo-1 ( 3339-3347 m)**

Profundidad(m)		3339.82	3341.68	3343.88	3345.87
Tamaño del grano(mm)		0.21	0.35	0.12	0.31
Cuarzo	Monocristalino	6.7	5.0	11.3	6.7
	Policristalino	6.0	7.3	1.3	6.3
Feldespatos	Potasio	0.7	0.3	Tr	0.0
	Plagioclasa	10.3	7.3	14.3	9.7
Fragmentos Líticos	Igneos	30.4	35.6	15.3	34.6
	Metamórficos	9.3	11.0	4.0	6.0
	Calcáreos	5.3	3.3	5.7	3.3
	Dolomía	1.0	0.7	0.7	1.0
	Arcillosos	1.0	1.0	0.7	1.3
	Pedernal	0.3	1.0	0.3	0.7
Secundarios	Micas	1.3	0.7	3.3	0.3
	M. Pesados	0.3	0.0	0.7	1.0
	Fósiles indeterminados	1.0	0.3	1.0	0.3
	Materia Orgánica	0.0	0.7	3.7	0.0
Matriz detrítica	Arcilla	0.0	0.0	21.7	0.0
Arcilla Autigénica	Clorita	1.0	0.7	0.7	2.0
	Capa mixta Illita/Esmectita				
	Indeterminada	1.7	0.7	6.7	1.3
Cemento no arcilloso	Cuarzo Autigénico	1.3	1.0	0.3	1.0
	Feldespatos Autigénico	0.7	1.0	0.3	1.0
	Dolomita-Fe	1.0	1.0	0.3	0.7
	Calcita-Fe	0.7	0.3	0.0	0.3
	Calcita-Fe(sustituir)	1.0	2.3		3.0
	Siderita				
	Pirita	1.0	0.7	2.7	1.0
Otros	0.7	0.3	0.7	0.3	
Porosidad	Intergranular	14.0	15.3	0.7	14.3
	Intragranular	1.3	1.0	1.3	1.3
	Móldica	0.7	0.3		0.7

Tabla 7. Datos del conteo de puntos del pozo Clís-1

---

---

### 3.3 Determinación de la porosidad efectiva

La porosidad de una roca, es una consideración importante al evaluar el volumen potencial de hidrocarburos que puede contener la misma. La porosidad de las rocas sedimentarias depende de muchos factores, incluyendo a la profundidad, la naturaleza de los fluidos así como el arreglo de los granos.

La porosidad se clasifica en :

Porosidad primaria es el sistema original de la porosidad en una roca.

La porosidad secundaria puede ser el resultado de la generación de un sistema de la fractura o vugulos en la roca o procesos diagenéticos.

Así como en porosidad total y porosidad efectiva, esta última fue la que se determinó mediante el porosímetro de gas.

#### **Pozo Cocuite 402**

##### **Núcleo N-2**

##### **Profundidad 2708-2717 m**

Para determinar la porosidad efectiva del núcleo N-1 del pozo Cocuite 402 se analizaron tres muestras mediante el porosímetro de gas.

#### **Parte superior**

Determinación del volumen total de roca

Diámetro de la muestra : 7.02 cm

Radio de la muestra (r): 3.50 cm.

Espesor de la muestra (h) 1.403 cm

Pi ( $\pi$ ): 3.1416

Volumen total de roca :  $\pi r^2 h / 2$  se divide entre dos porque se utilizó solamente la mitad de la muestra es, la forma de la muestra era de tipo circular.

Volumen de roca (  $3.1416 \times (3.51 \text{ cm})^2 \times 1.403 \text{ cm} / 2 = 27.15 \text{ cm}^3$ ).

Determinación del volumen de sólidos:

Se determinó el volumen de aire (V1) a presión atmosférica y temperatura atmosférica

---

---

Este volumen se efectúa sin la muestra dentro del recipiente del porosímetro de gases.

$$\text{Volumen de aire (V1)} = \Delta V / [(P1/m \Delta V) - 1]$$

$$\Delta V = \text{lectura 2} - \text{lectura 1}$$

Lecturas efectuadas en las buretas del porosímetro de gases sin muestra de roca

$$\text{Lectura 1} = 2.4 \text{ cm}^3 \text{ de mercurio}$$

$$\text{Lectura 2} = 41.4 \text{ cm}^3 \text{ de mercurio}$$

Presión atmosférica (P1) = 58 cm<sup>3</sup> en la ciudad de México.

$$\text{Presión diferente a la atmosférica (P2)} = m \Delta V$$

Mediante una cinta métrica medimos el desplazamiento de la columna de mercurio en la bureta de 50 cc para este caso se inicio la medida en 2 cm y terminó en 44.5 cm.

$$P2 = \text{lectura 2} - \text{lectura 1}$$

$$\text{Lectura 1} = 2 \text{ cm}^3 \text{ de mercurio}$$

$$\text{Lectura 2} = 44.5 \text{ cm}^3 \text{ de mercurio}$$

$$P2 = 44.5 - 2 = 42.5 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volumen aire (V1)} = (41.4 - 2.4) / [(58/42.5) - 1] = 128.71 \text{ cm}^3$$

A presión y temperatura atmosférica.

Volumen (V2) con muestra de roca.

$$\text{Lectura 1} = 2.4 \text{ cm}^3$$

$$\text{Lectura 2} = 40 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volumen (V2)} = \Delta V / [(P1/m \Delta V) - 1]$$

$$V2 = (40 - 2.4) / [(58/42.5) - 1] = 104.44 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volumen de sólidos} = V1 - V2$$

$$\text{Volumen de sólidos} = 128.7 - 104.44 = 24.26 \text{ cm}^3$$

Volumen de poros = volumen de roca – volumen de sólidos

$$\text{Volumen de poros comunicados (Vpc)} = 27.15 - 24.26 = 2.89 \text{ cm}^3$$

$$\text{Porosidad efectiva} = Vpc / Vr = 2.89 / 27.15 = 10.64 \%$$

---

---

### Parte media

Volumen total de roca

Diámetro de la muestra : 6.55 cm

Radio de la muestra (r): 3.27 cm.

Espesor de la muestra (h) 1.253 cm

Pi ( $\pi$ ): 3.1416

Volumen total de roca :  $\pi r^2 h/2$  se divide entre dos porque se utilizó solamente la mitad de la muestra es, la forma de la muestra era de tipo circular.

Volumen de roca :  $(3.1416 \times (3.27 \text{ cm})^2 \times 1.253 \text{ cm})/2 = 21.10 \text{ cm}^3$ .

Determinación del volumen de sólidos:

Se determinó el volumen de aire (V1) a presión atmosférica y temperatura atmosférica

Este volumen se efectúa sin la muestra dentro del recipiente del porosímetro de gases.

Volumen de aire (V1) =  $\Delta V / [(P1/m \Delta V) - 1]$

$\Delta V =$  lectura 2 - lectura 1

Lecturas efectuadas en las buretas del porosímetro de gases sin muestra de roca

Lectura 1 = 2.4 cm<sup>3</sup> de mercurio

Lectura 2 = 41.4 cm<sup>3</sup> de mercurio

Presión atmosférica (P1) = 58 cm<sup>3</sup> en la ciudad de México.

Presión diferente a la atmosférica (P2) =  $m \Delta V$

Mediante una cinta métrica medimos el desplazamiento de la columna de mercurio en la bureta de 50 cc para este caso se inicio la medida en 2 cc y terminó en 44.5 cc.

P2 = lectura 2 - lectura 1

Lectura 1 = 2 cc de mercurio

Lectura 2 = 44.5 cc de mercurio

P2 = 44.5 - 2 = 42.5 cc

Volumen aire (V1) =  $(41.4 - 2.4) / [(58/42.5) - 1] = 128.71 \text{ cc}$

A presión y temperatura atmosférica.

P2 = lectura 2 - lectura 1

---

---

Lectura1=2 cc de mercurio

Lectura 2= 45 cc de mercurio

P2 = 45-2= 43 cc

Volumen (V2)=  $(40.1-2.4)/[(58/43)-1] = 110.88 \text{ cc}$

A presión y temperatura atmosférica

Volumen (V2) con muestra de roca

Lectura 1= 2.4 cm<sup>3</sup>

Lectura 2= 40.1 cm<sup>3</sup>

Volumen (V2) =  $\Delta V/[(P1/m \Delta V)-1]$

V2=  $(40.1-2.4)/[(58/43)-1]= 110.88 \text{ cc}$

Volumen de sólidos = V1-V2

Volumen de sólidos= 128.7 -110.88 = 17.82 cc

Volumen de poros = volumen de roca – volumen de sólidos

Volumen de poros comunicados (Vpc) = 21.10-17.82 =3.28 cc

**Porosidad efectiva =  $V_{pc}/V_r=(3.28/21.1)\times 100 = 15.54 \%$**

### Parte inferior

Volumen total de roca

Diámetro de la muestra : 6.10 cm

Radio de la muestra(r): 3.05 cm.

Espesor de la muestra(h) 1.61 cm

Pi( $\pi$ ): 3.1416

Volumen total de roca :  $\pi r^2 h/2$  se divide entre dos porque se utilizó solamente la mitad de la muestra es, la forma de la muestra era de tipo circular.

Volumen de roca :  $(3.1416 \times (3.05 \text{ cm})^2 \times 1.61 \text{ cm})/2 = 23.52 \text{ cm}^3$ .

Volumen aire(V1)=  $(41.4-2.4)/[(58/42.5)-1] = 128.71 \text{ cm}^3$

A presión y temperatura atmosférica.

P2 = lectura2-lectura1

---

---

---

---

Lectura1=2 cc de mercurio

Lectura 2= 44.9 cc de mercurio

P2 = 44.9-2= 42.9 cc

Volumen (V2) con muestra de roca.

Lectura 1= 2.4 cm<sup>3</sup>

Lectura 2= 40.1 cm<sup>3</sup>

Volumen (V2) =  $\Delta V / [(P1/m \Delta V) - 1]$

V2=  $(40.1 - 2.4) / [(58/42.9) - 1] = 107.7 \text{ cm}^3$

Volumen de sólidos = V1-V2

Volumen de sólidos= 128.7 -107.70 = 21.00 cm<sup>3</sup>

Volumen de poros = volumen de roca – volumen de sólidos

Volumen de poros comunicados(Vpc)= 23.52-21=2.52 cm<sup>3</sup>

**Porosidad efectiva =  $V_{pc}/V_r = (2.52/23.52) \times 100 = 10.71 \%$**

## **Pozo Cocuít 419**

### **Núcleo N 1**

**Profundidad 2713-2722 m**

### **Parte superior**

Determinación del volumen total de roca

Diámetro de la muestra : 5.4 cm

Radio de la muestra(r): 2.7 cm.

Espesor de la muestra(h) 1.1 cm

Pi ( $\pi$ ): 3.1416

Volumen total de roca :  $\pi r^2 h / 2$  se divide entre dos porque se utilizó solamente la mitad de la muestra es, la forma de la muestra era de tipo circular.

Volumen de roca :  $(3.1416 \times (2.7 \text{ cm})^2 \times 1.1 \text{ cm}) / 2 = 12.59 \text{ cm}^3$ .

Determinación del volumen de sólidos:

Se determinó el volumen de aire(V1) a presión atmosférica y temperatura atmosférica

Este volumen se efectúa sin la muestra dentro del recipiente del porosímetro de gases.

---

---

Volumen de aire( $V_1$ )=  $\Delta V / [(P_1/m \Delta V) - 1]$

$\Delta V$ = lectura 2-lectura 1

Lecturas efectuadas en las buretas del porosímetro de gases sin muestra de roca

Lectura 1 = 2.4 cc de mercurio

Lectura 2 = 41.4 cc de mercurio

Presión atmosférica ( $P_1$ )= 58 cc en la ciudad de México.

Presión diferente a la atmosférica ( $P_2$ )=  $m \Delta V$

Mediante una cinta métrica medimos el desplazamiento de la columna de mercurio en la bureta de 50 cc para este caso se inicio la medida en 2 cm y terminó en 44.5 cm.

$P_2$  = lectura2-lectura1

Lectura1=2 cm<sup>3</sup> de mercurio

Lectura 2= 44.5 cm<sup>3</sup> de mercurio

$P_2$  = 44.5-2= 42.5 cm<sup>3</sup>

Volumen aire( $V_1$ )=  $(41.4-2.4) / [(58/42.5) - 1] = 128.71 \text{ cm}^3$

A presión y temperatura atmosférica.

$P_2$  = lectura2-lectura1

Lectura1=2 cc de mercurio

Lectura 2= 45 cc de mercurio

$P_2$  = 45-2= 43 cc

Volumen ( $V_2$ ) con muestra de roca.

Lectura 1= 2.4 cm<sup>3</sup>

Lectura 2= 38.7 cm<sup>3</sup>

Volumen ( $V_2$ ) =  $\Delta V / [(P_1/m \Delta V) - 1]$

$V_2$ =  $(38.7-2.4) / [(58/43) - 1] = 106.76 \text{ cm}^3$

Volumen de sólidos =  $V_1 - V_2$

Volumen de sólidos= 128.7 - 117.09 = 11.60 cm<sup>3</sup>

Volumen de poros = volumen de roca – volumen de solidos

Volumen de poros comunicados ( $V_{pc}$ )= 12.59-11.6= 0.99 cm<sup>3</sup>

**Porosidad efectiva =  $V_{pc}/V_r = 0.99/12.59 = 7.8 \%$**

---

---

### Parte media

Volumen total de roca

Diámetro de la muestra : 6.0 cm

Radio de la muestra (r): 3.00 cm.

Espesor de la muestra (h) 1.64 cm

Pi ( $\pi$ ): 3.1416

Volumen total de roca :  $\pi r^2 h/2$  se divide entre dos porque se utilizó solamente la mitad de la muestra es, la forma de la muestra era de tipo circular.

Volumen de roca :  $(3.1416 \times (3.00 \text{ cm})^2 \times 1.64 \text{ cm})/2 = 23.18 \text{ cm}^3$ .

Volumen aire (V1) =  $(41.4 - 2.4) / [(58/42.5) - 1] = 128.71 \text{ cm}^3$

A presión y temperatura atmosférica.

P2 = lectura2 - lectura1

Lectura1 = 2 cc de mercurio

Lectura 2 = 44.9 cc de mercurio

P2 = 44.9 - 2 = 42.9 cc

Volumen (V2) con muestra de roca.

Lectura 1 = 2.4 cm<sup>3</sup>

Lectura 2 = 40.1 cm<sup>3</sup>

Volumen (V2) =  $\Delta V / [(P1/m \Delta V) - 1]$

V2 =  $(40.1 - 2.4) / [(58/42.9) - 1] = 107.7 \text{ cm}^3$

Volumen de sólidos = V1 - V2

Volumen de sólidos = 128.7 - 107.70 = 21.00 cm<sup>3</sup>

Volumen de poros = volumen de roca - volumen de sólidos

Volumen de poros comunicados (Vpc) = 23.18 - 21 = 2.18 cm<sup>3</sup>

**Porosidad efectiva =  $V_{pc}/V_r = (2.18/23.18) \times 100 = 9.4 \%$**

---

---

### Parte inferior

Volumen total de roca

Diámetro de la muestra : 6.56 cm

Radio de la muestra (r): 3.28 cm.

Espesor de la muestra (h) 1.25 cm

Pi ( $\pi$ ): 3.1416

Volumen total de roca :  $\pi r^2 h/2$  se divide entre dos porque se utilizó solamente la mitad de la muestra es, la forma de la muestra era de tipo circular.

Volumen de roca :  $(3.1416 \times (3.28 \text{ cm})^2 \times 1.25 \text{ cm})/2 = 21.12 \text{ cm}^3$ .

Determinación del volumen de sólidos:

Se determinó el volumen de aire (V1) a presión atmosférica y temperatura atmosférica

Este volumen se efectúa sin la muestra dentro del recipiente del porosímetro de gases.

Volumen de aire(V1)=  $\Delta V / [(P1/m \Delta V)-1]$

$\Delta V =$  lectura 2-lectura 1

Lecturas efectuadas en las buretas del porosímetro de gases sin muestra de roca

Lectura 1 = 2.4 cc de mercurio

Lectura 2 = 41.4 cc de mercurio

Presión atmosférica(P1)= 58 cm en la ciudad de México.

Presión diferente a la atmosférica (P2) = m  $\Delta V$

Mediante una cinta métrica medimos el desplazamiento de la columna de mercurio en la bureta de 50 cc para este caso se inicio la medida en 2 cm y terminó en 44.5 cm.

P2 = lectura2-lectura1

Lectura1=2 cc de mercurio

Lectura 2= 44.5 cc de mercurio

P2 = 44.5-2= 42.5 cc

Volumen aire(V1)=  $(41.4-2.4)/[(58/42.5)-1] = 128.71 \text{ cm}^3$

A presión y temperatura atmosférica.

---

---

P2 = lectura2-lectura1

Lectura1=2 cc de mercurio

Lectura 2= 45 cc de mercurio

P2 = 45-2= 43 cc

Volumen (V2)=  $(40.1-2.4)/[(58/43)-1] = 110.88 \text{ cm}^3$

A presión y temperatura atmosférica.

Volumen (V2) con muestra de roca.

Lectura 1= 2.4 cm<sup>3</sup>

Lectura 2= 40.1 cm<sup>3</sup>

Volumen (V2) =  $\Delta V/[(P1/m \Delta V)-1]$

V2=  $(40.1-2.4)/[(58/43)-1]= 110.88 \text{ cm}^3$

Volumen de sólidos = V1-V2

Volumen de sólidos= 128.7 -110.88 = 17.82 cm<sup>3</sup>

Volumen de poros = volumen de roca – volumen de solidos

Volumen de poros comunicados(Vpc)= 21.12-17.82=3.3 cm<sup>3</sup>

**Porosidad efectiva =  $V_{pc}/V_r=(3.3/21.12)\times 100 = 15.62 \%$**

**Pozo Clís-1**

**Núcleo N-1**

**Profundidad**

**Parte Superior**

Volumen total de roca

Diámetro de la muestra : 6.16 cm

Radio de la muestra (r): 3.08 cm.

Espesor de la muestra (h) 1.59 cm

Pi (π): 3.1416

Volumen total de roca :  $\pi r^2 h/2$  se divide entre dos porque se utilizó solamente la mitad de la muestra es, la forma de la muestra era de tipo circular.

---

---

Volumen de roca :  $(3.1416 \times (3.08 \text{ cm})^2 \times 1.59 \text{ cm}) / 2 = 23.69 \text{ cm}^3$ .

Volumen aire  $(V1) = (41.4 - 2.4) / [(58/42.5) - 1] = 128.71 \text{ cm}^3$

A presión y temperatura atmosférica.

$P2 = \text{lectura2} - \text{lectura1}$

Lectura1 = 2 cc de mercurio

Lectura 2 = 44.9 cc de mercurio

$P2 = 44.9 - 2 = 42.9 \text{ cc}$

Volumen  $(V2)$  con muestra de roca.

Lectura 1 =  $2.4 \text{ cm}^3$

Lectura 2 =  $40.1 \text{ cm}^3$

Volumen  $(V2) = \Delta V / [(P1/m \Delta V) - 1]$

$V2 = (40.1 - 2.4) / [(58/42.9) - 1] = 107.7 \text{ cm}^3$

Volumen de sólidos =  $V1 - V2$

Volumen de sólidos =  $128.7 - 107.70 = 21.00 \text{ cm}^3$

Volumen de poros = volumen de roca - volumen de sólidos

Volumen de poros comunicados  $(Vpc) = 23.69 - 21 = 2.70 \text{ cm}^3$

**Porosidad efectiva =  $Vpc/Vr = (2.70/23.69) \times 100 = 11.39 \%$**

### Parte media

Volumen total de roca

Diámetro de la muestra : 7 cm

Radio de la muestra (r): 3.5 cm.

Espesor de la muestra (h) 1.25 cm

Pi ( $\pi$ ): 3.1416

Volumen total de roca :  $\pi r^2 h / 2$  se divide entre dos porque se utilizó solamente la mitad de la muestra es, la forma de la muestra era de tipo circular.

Volumen de roca :  $(3.1416 \times (3.5 \text{ cm})^2 \times 1.4 \text{ cm}) / 2 = 26.93 \text{ cm}^3$ .

Volumen aire  $(V1) = (41.4 - 2.4) / [(58/42.5) - 1] = 128.71 \text{ cm}^3$

$P2 = \text{lectura2} - \text{lectura1}$

---

---

---

---

Lectura 1=2 cc de mercurio

Lectura 2= 44.5 cc de mercurio

P2 = 44.5-2= 42.5 cc

Volumen aire(V1)=  $(41.4-2.4)/[(58/42.5)-1] = 128.71 \text{ cm}^3$

A presión y temperatura atmosférica.

Volumen (V2) con muestra de roca.

Lectura 1= 2.4 cm<sup>3</sup>

Lectura 2= 39.6 cm<sup>3</sup>

Volumen (V2) =  $\Delta V/[(P1/m \Delta V)-1]$

V2=  $(39.6-2.4)/[(58/42.5)-1]= 102.19 \text{ cm}^3$

Volumen de sólidos = V1-V2

Volumen de sólidos=  $128.7 - 102.19 = 26.51 \text{ cm}^3$

Volumen de poros = volumen de roca – volumen de sólidos

Volumen de poros comunicados (Vpc)=  $26.93-26.51 = 0.42 \text{ cm}^3$

**Porosidad efectiva =  $V_{pc}/V_r = 0.42/26.93 = 1.15 \%$**

### Parte inferior

Volumen total de roca

Diámetro de la muestra : 6.56 cm

Radio de la muestra (r): 3.27 cm.

Espesor de la muestra (h) 1.26 cm

Pi ( $\pi$ ): 3.1416

Volumen total de roca :  $\pi r^2 h/2$  se divide entre dos porque se utilizó solamente la mitad de la muestra es, la forma de la muestra era de tipo circular.

Volumen de roca :  $(3.1416 \times (3.27 \text{ cm})^2 \times 1.26 \text{ cm})/2 = 21.16 \text{ cm}^3$ .

Determinación del volumen de sólidos:

Se determinó el volumen de aire(V1) a presión atmosférica y temperatura atmosférica

Este volumen se efectúa sin la muestra dentro del recipiente del porosímetro de gases.

Volumen de aire(V1)=  $\Delta V/[(P1/m \Delta V)-1]$

---

---

---

---

$\Delta V = \text{lectura 2} - \text{lectura 1}$

Lecturas efectuadas en las buretas del porosímetro de gases sin muestra de roca

Lectura 1 = 2.4 cc de mercurio

Lectura 2 = 41.4 cc de mercurio

Presión atmosférica ( $P_1$ ) = 58 cc en la ciudad de México.

Presión diferente a la atmosférica ( $P_2$ ) =  $m \Delta V$

Mediante una cinta métrica medimos el desplazamiento de la columna de mercurio en la bureta de 50 cc para este caso se inicio la medida en 2 cm y terminó en 44.5 cm.

$P_2 = \text{lectura 2} - \text{lectura 1}$

Lectura 1 = 2 cm<sup>3</sup> de mercurio

Lectura 2 = 44.5 cm<sup>3</sup> de mercurio

$P_2 = 44.5 - 2 = 42.5 \text{ cm}^3$

Volumen aire ( $V_1$ ) =  $(41.4 - 2.4) / [(58/42.5) - 1] = 128.71 \text{ cm}^3$

A presión y temperatura atmosférica.

$P_2 = \text{lectura 2} - \text{lectura 1}$

Lectura 1 = 2 cc de mercurio

Lectura 2 = 45 cc de mercurio

$P_2 = 45 - 2 = 43 \text{ cc}$

Volumen ( $V_2$ ) =  $(40.1 - 2.4) / [(58/43) - 1] = 110.88 \text{ cm}^3$

A presión y temperatura atmosférica.

Volumen ( $V_2$ ) con muestra de roca.

Lectura 1 = 2.4 cm<sup>3</sup>

Lectura 2 = 40.5 cm<sup>3</sup>

Volumen ( $V_2$ ) =  $\Delta V / [(P_1/m \Delta V) - 1]$

$V_2 = (40.5 - 2.4) / [(58/43) - 1] = 109.23 \text{ cm}^3$

Volumen de sólidos =  $V_1 - V_2$

Volumen de sólidos =  $128.7 - 109.23 = 19.47 \text{ cm}^3$

Volumen de poros = volumen de roca - volumen de sólidos

Volumen de poros comunicados ( $V_{pc}$ ) =  $21.16 - 19.47 = 1.69 \text{ cm}^3$

**Porosidad efectiva =  $V_{pc}/V_r = (1.69/21.16) \times 100 = 7.9 \%$**

Pozo	Núcleo	Porosidad efectiva(%)
Coc-402	<b>No-2 (2708-2717 m)</b>	
	Superior	10.64
	Media	15.54
	Inferior	7.9
Coc-419	<b>No-1 (2713-2722 m)</b>	
	Superior	7.8
	Media	9.4
	Inferior	15.62
Clfs-1	<b>No-1 (3339-3347 m)</b>	
	Superior	11.39
	Media	1.15
	Inferior	15.78

Tabla 8. Porosidades efectivas calculadas con el porosímetro de gas

Cocuite 402 Núcleo-2		Cocuite-419 Núcleo-1		Clis-1 Núcleo-1	
Profundidad(m)	Porosidad(%)	Profundidad(m)	Porosidad(%)	Profundidad(m)	Porosidad(%)
2708.10	22.2	2713.11	7.14	3339.34	21.4
2708.37	25.1	2713.29	12.7	3339.82	19.6
2708.5	20.7	2715.87	23.44	3340.24	16.6
2708.68	23.3	2716.96	23.27	3340.53	10.1
2709.0	21.4	2718.24	3.79	3340.63	8.1
2709.1	21.0	2719.44	26.13	3340.84	19.5
2709.41	12.5	2719.96	26.12	3341.68	21.4
2713.10	11.2	2720.87	24.88	3341.82	19.1
2714.0	12.7			3342.67	21.3
2714.65	14.6			3342.81	4.5
2715.10	5.5			3343.22	22.8
2715.22	14.8			3343.54	19.5
2715.35	12.0			3344.68	10.5
2715.70	4.7			3345.15	23.8
2716.38	12.1			3345.63	22.6

Tabla 9. Porosidades calculadas en el laboratorio mediante tapones (Corelab).

### 3.4 Determinación de la permeabilidad

Cocuíte 402 Núcleo-2		Cocuíte-419 Núcleo-1		Clís-1 Núcleo-1	
Profundidad(m)	Permeabilidad (md)	Profundidad(m)	Permeabilidad (md)	Profundidad(m)	Permeabilidad (md)
2708.10	9.98	2713.11	0.016	3339.34	281.3
2708.37	42.71	2713.29	5.07	3339.82	101.3
2708.5	6.97	2715.87	898	3340.24	53.79
2708.68	81.6	2716.96	659	3340.53	0.5274
2709.0	8.69	2718.24	0.003	3340.63	0.0531
2709.1	27.5	2719.44	719	3340.84	104.5
2709.41	0.095	2719.96	797	3341.68	450.6
2713.10	1.69	2720.87	703	3341.82	178.4
2714.0	0.032			3342.67	185.9
2714.65	0.0218			3342.81	0.0031
2715.10	0.0304			3343.22	453.1
2715.22	0.4972			3343.54	367.6
2715.35	0.383			3344.68	0.3164
2715.70	0.0101			3345.15	297.4
2716.38	0.0252			3345.63	168.5

Tabla-10. Permeabilidades calculadas en el laboratorio mediante tapones (Corelab).

---

---

### 3.5 -Estudio de Catodoluminiscencia

La catodoluminiscencia emitida por las muestras que se estudiaron en este trabajo se presentan en las siguientes paginas:

- Catodoluminiscencia color anaranjado producida por minerales compuestos por calcita.
- Cuarzo volcánico que luminescen en azul oscuro
- Cuarzo plutónico que luminescen en violeta
- Feldespato potásico que luminescen en azul brillante.

Pozo Cocuite 402 Núcleo-2(2708-2717 m)  
Parte superior

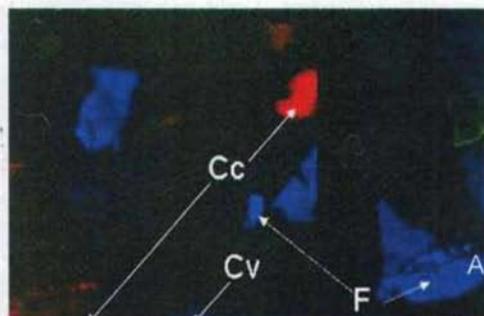
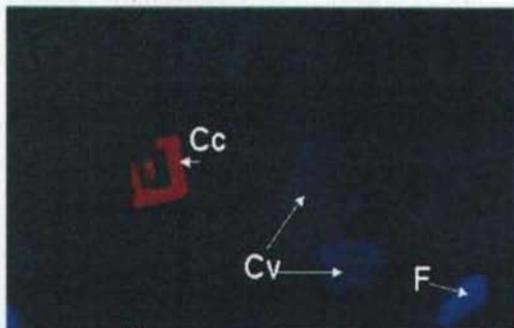


Lámina 11. Arenisca de grano fino a medio de edad Mioceno Medio de la Cuenca de Veracruz. Con La catodoluminiscencia se observa minerales de: feldespato potásico (F) azul brillante, cuarzo volcánico azul oscuro (Cv), cemento de calcita (Cc) anaranjado brillante, plagioclasas color verde.

---

---

### Cocuite 402 Núcleo-2(2708-2717 m)

#### Parte Inferior

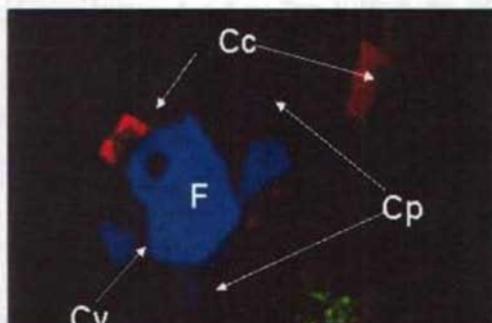
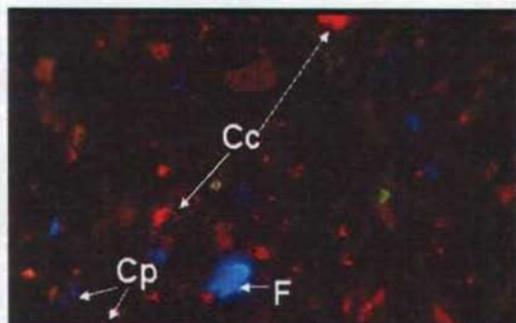


Lámina 12. Arenisca de grano fino a medio de la Cuenca de Veracruz. Mediante La catodoluminiscencia se observó feldespato potásico (F) azul brillante, cuarzo volcánico azul oscuro (Cv), cuarzo plutónico (Cp) violeta, cemento incipiente de calcita (Cc) con dos etapas de cementación una luminiscente anaranjado brillante y otra no luminiscente.

### Pozo Cocuite 419 Núcleo-1(2713-2722 m)

#### Parte superior

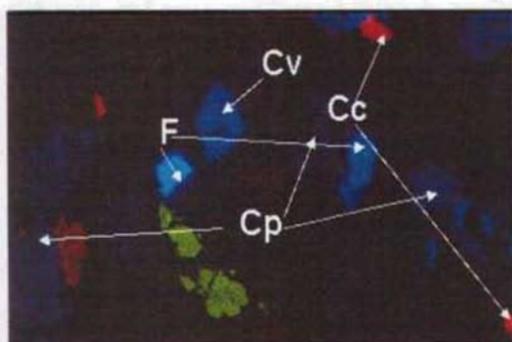
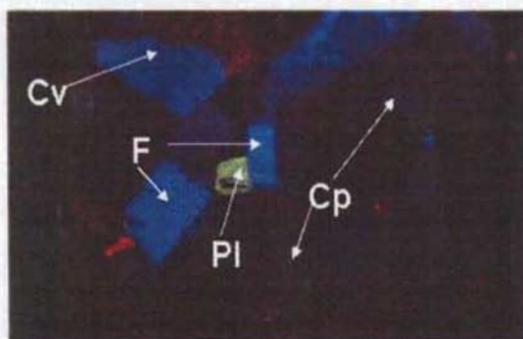


Lámina 13. Arenisca de grano fino. Con La catodoluminiscencia observamos minerales de: feldespato (F) azul brillante, cuarzo plutónico violeta (Cp), cemento de calcita (Cc) anaranjado brillante, cuarzo volcánico (Cv) azul oscuro.

---

---

Pozo Cocuite 419 Núcleo-1(2713-2722 m)  
Parte media

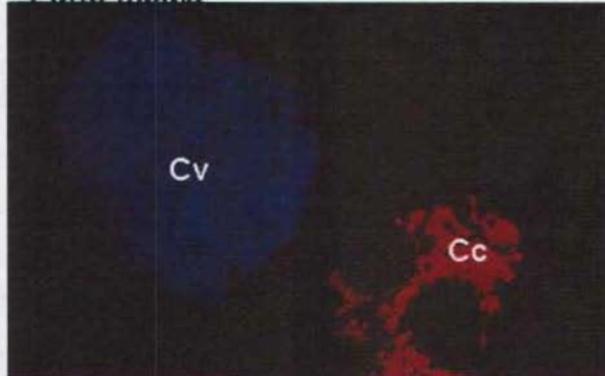


Lámina 14. Arenisca de grano grueso. Con La catodoluminiscencia observamos minerales de: cuarzo volcánico (Cv) de alta temperatura azul oscuro , cemento de calcita anaranjado.

Pozo Cocuite 419 Núcleo -1(2713-2722 m)  
Parte inferior

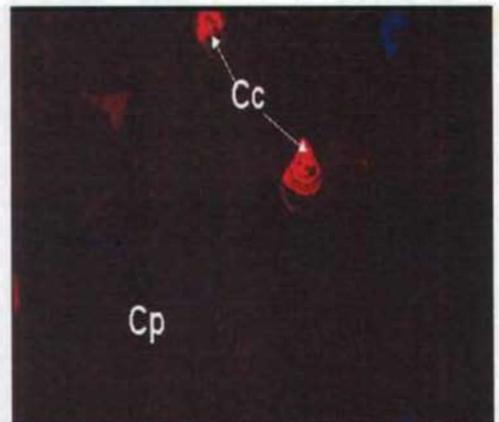
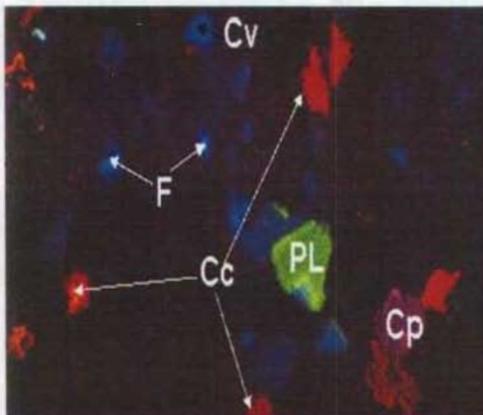


Lámina 15 arenisca de grano fino a medio. Con La catodoluminiscencia observamos minerales de: cuarzo volcánico (Cv) azul oscuro, cuarzo plutónico de alta temperatura(Cp) violeta, plagioclasa (PL) amarillo verdoso, feldespato potásico (F) azul brillante, cemento de calcita zoneado, se observa dos etapas de cementación una luminiscente anaranjado y otra no luminiscente.

---

---

Pozo Clís 1 Núcleo-1(3339-3347 m)  
Parte superior

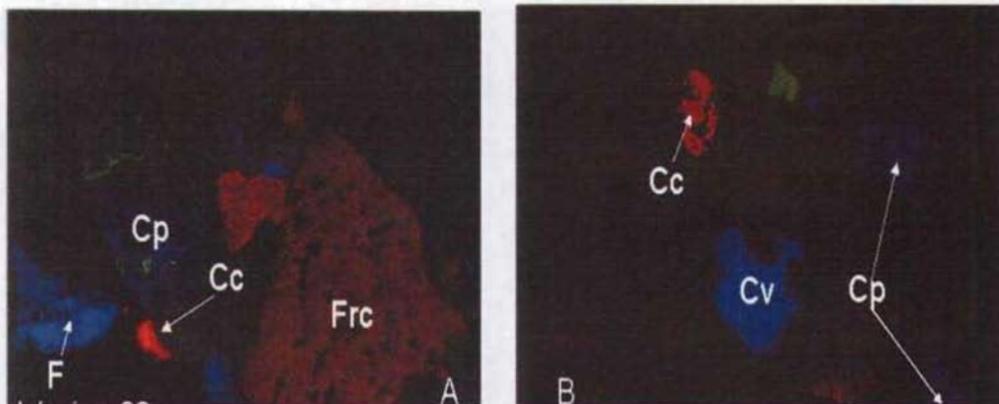


Lámina 16. Arenisca de grano medio a grueso. Con La catodoluminiscencia observamos minerales de: cuarzo volcánico (Cv) azul oscuro, plagioclasa amarillo verdoso, feldespato potásico(F) azul brillante, cemento de calcita anaranjado brillante, fragmento de caliza (Frc) anaranjado.

Pozo Clís 1 Núcleo-1( 3339-3347 m)  
Parte media

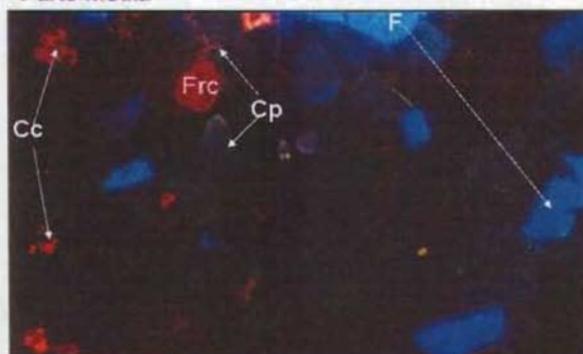


Lámina 17. Arenisca de grano medio de con la catodoluminiscencia observamos cuarzo plutónico de alta temperatura (Cp) violeta, cuarzo volcánico azul oscuro, feldespato (F) azul brillante, fragmento calcáreo (Frc) rojo, y cemento de calcita anaranjado brillante.

---

---

Pozo Clís-1 Núcleo-1(3339-3347 m)  
Parte inferior

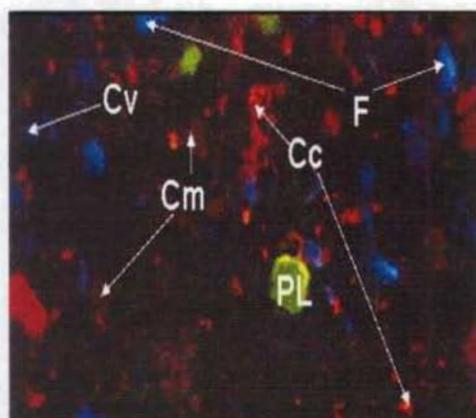
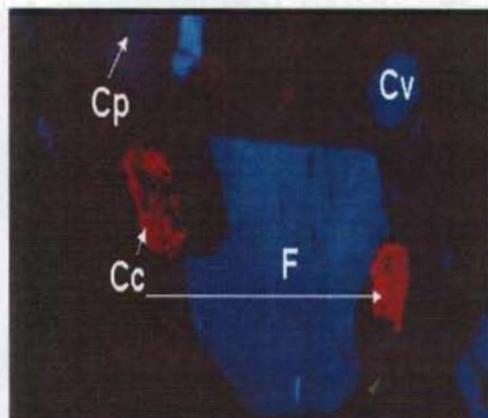


Lámina 18. Arenisca de grano fino a medio. Con la catodoluminiscencia observamos cuarzo de alta temperatura azul oscuro, feldespato potásico azul brillante, plagioclasa amarillo-verdoso, cuarzo de baja temperatura rojo mate y cemento de calcita anaranjado brillante.

---

---

### 3.6 -Análisis con Microscopio Electrónico de Barrido(MEB)

#### Pozo Cocuite 402

#### Núcleo-2

Profundidad 2708 m Cocuite-402



Lámina-19 (parte superior, Núcleo-2). El análisis de (MEB) de la arenisca "M" se observa porosidad intergranular, feldespato autigeno, illita/esmectita combinada sobre los granos de la calcita ferrosas, pirita, calcita ferrosa (Fcal). Ambos tipos de arcillas, el crecimiento del feldespato, el cemento de calcita ferrosa, están actuando como reductores de garganta de poro.

Profundidad 2712.5 m Cocuite 402



Lámina 20. Parte media del Núcleo-2 el análisis del MEB de la arenisca "M" muestra cuarzo clástico, combinación de illita/esmectita, porosidad intergranular, illita fibrosa así como siderita. La combinación de las arcillas, la siderita actúan como reductores de la garganta de poro.

**Profundidad 2717 m Cocuite 402**



Lámina 21. Parte Inferior Núcleo 2 mediante el MEB se determino en la arenisca "M" cuarzo autógeno, calcita ferrosa como cemento, combinación de arcillas illita/esmectita.

**Profundidad 2713.11 m Cocuite-419**

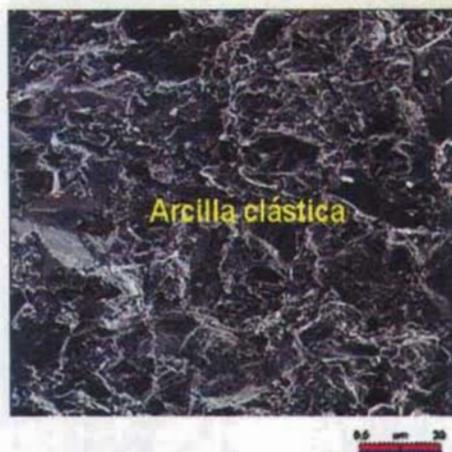
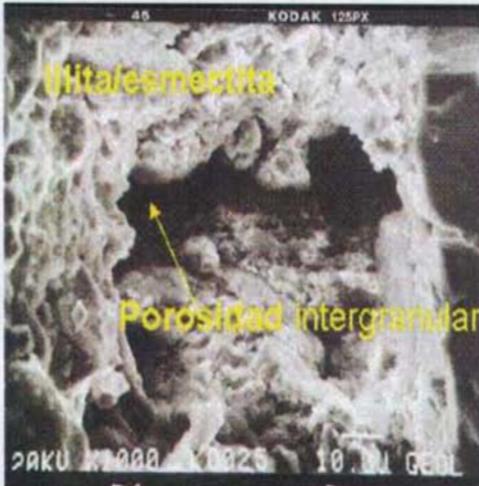


Lámina-22. Parte Superior Núcleo-1, se observa arcilla detrítica, siderita así como cemento de calcita ferrosa, obturando parcialmente la garganta de los poros.

---

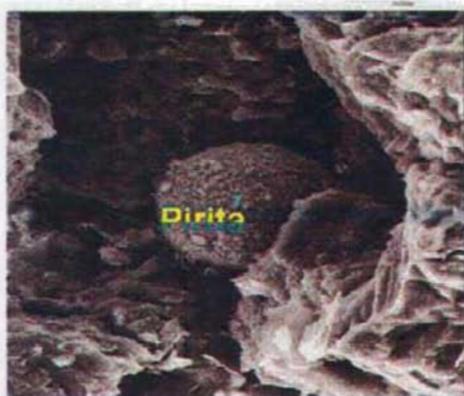
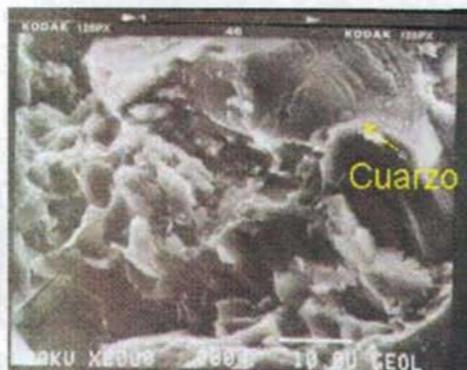
---

**Profundidad 2717 m Pozo Cocuite 419**



La lámina-23. Parte Media del Núcleo-1 mediante el análisis del MEB a la arenisca M<sup>1</sup> se determinó, siderita, illita/esmectita, cemento de calcita ferrosa, Feldespato autigeno, porosidad intergranular.

## Profundidad 2721.5 m Cocuite 419



0.0  $\mu\text{m}$  20

La lámina-24. Parte Inferior del Núcleo-1, muestra siderita, pirita, feldespato autigeno, esmectita, porosidad intergranular, el sobre crecimiento del feldespato, la siderita y la esmectita disminuyen parcialmente la garganta de poro, la porosidad y la permeabilidad

---

---

## Profundidad 3339.82 m Clís-1



Lámina 25. El análisis del MEB de esta muestra nos combinación de arcillas illita/esmectita sobre los granos, feldespato autígeno, la illita/esmectita actua como reductora de porosidad.

## Profundidad 3341.68 m Clís-1



Lámina 26. Arcilla autígena (illita/esmectita) sobre los granos permitiendo porosidad intergranular.

---

---

### Profundidad 3343.88 m Clís-1

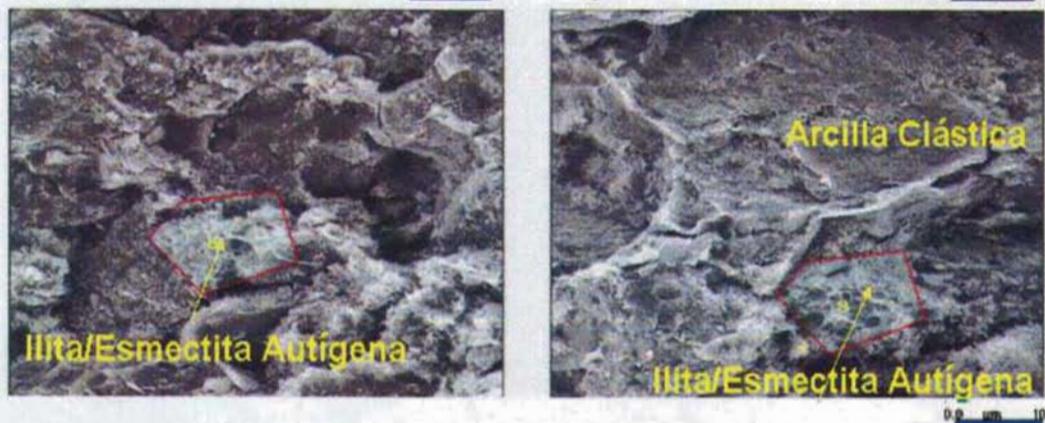


Lámina-27. Arcilla clástica como matriz y arcilla autógena (illita/esmectita) las dos arcillas disminuyeron la porosidad y la permeabilidad debido a que actuaron como reductores de garganta de poro presentando un arreglo de puente entre granos.

### Profundidad 3345.87 m Clís-1



Lámina-28. El análisis de (MEB) del Núcleo-1 de la arenisca "M", muestra claramente como el cemento de la calcita ferrosa autógena y la illita/esmectita obturan los poros intergranulares ambos disminuyendo parcialmente la porosidad y la permeabilidad, aquí se observó dos tipos de cementación la primera fue la calcita ferrosa y la segunda la illita/esmectita autógena.

### 3.7.-Determinación de unidades de flujo.

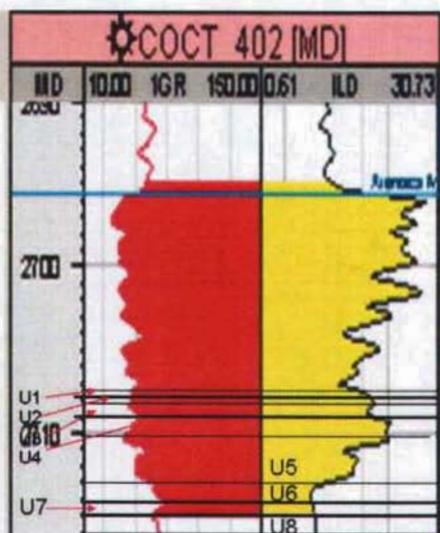
Una unidad de flujo puede ser definida como una facies que tiene una característica de fabrica de roca(trama), dentro de la cual las propiedades petrofísicas son distribuidas aleatoriamente (Lucia et al 1992).

En este estudio se considera a una unidad de flujo como una facies con poros comunicados entre si, que permita el paso del flujo de fluidos a través de ellas, que pueda ser clasificada por sus propiedades petrofísicas de porosidad y permeabilidad.

El estudio del subsuelo muestra grandes variabilidades de porosidad y permeabilidad a la escala de cm y m como se puede observar en las tablas 11,12 y 13.

<b>Cocuite 402 Núcleo-2</b>				
Profundidad (m)	Porosidad (%)	Permeabilidad (md)	Tamaño de Grano(mm)	Unidad De Flujo
2708.10	22.2	9.98	0.13	U1
2708.37	25.1	42.71	0.13	U2
2708.5	20.7	6.97	0.12	U3
2708.68	23.3	81.6		
2709.1	21.0	29.5	0.13	U4
2709.41	12.5	0.095		
2713.10	11.2	1.69	0.12	U5
2714.0	12.7	0.032		
2714.65	14.6	0.0218	0.10	U6
2715.10	5.5	0.0304		
2715.22	14.8	0.4972		
2715.35	12.0	0.383	0.12	U7
2715.70	4.7	0.0101		
2716.38	12.1	0.0252	0.12	U8

Tabla 11 datos de porosidad y permeabilidad.



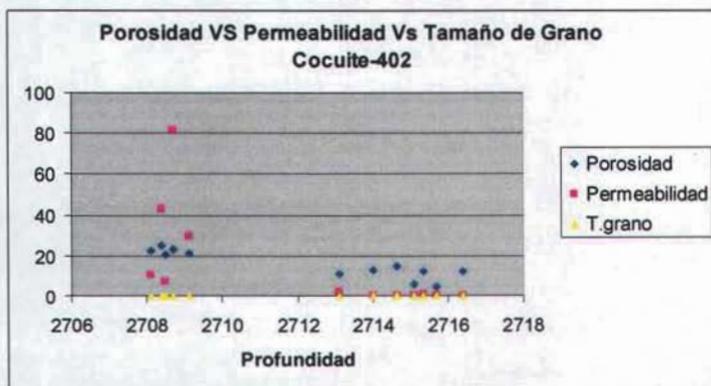
Escala arbitraria

**Pozo Cocuite-402  
Núcleo-2 (2708-2722m)**

U.F.	P(%)	P(md)	T.G(mm)
U1	22.2	9.98	0.13
U2	25.1	42.71	0.13
U3	20.7	6.97	0.12
U4	21.3	60.00	0.13
U5	12	0.89	0.12
U6	12.7	0.032	0.10
U7	11	0.030	0.12
U8	10.9	0.22	0.12

U.F.= Unidad de Flujo  
P(%)=Porosidad  
P(md)=Permeabilidad  
T.G(mm)=Tamaño de Grano

En la figura 28 se observaron 2 unidades de buena calidad(U2,U4), 2 de regular calidad(U1, U3) y 4 de mala calidad(U5, U6, U7 y U8) Tabla-2

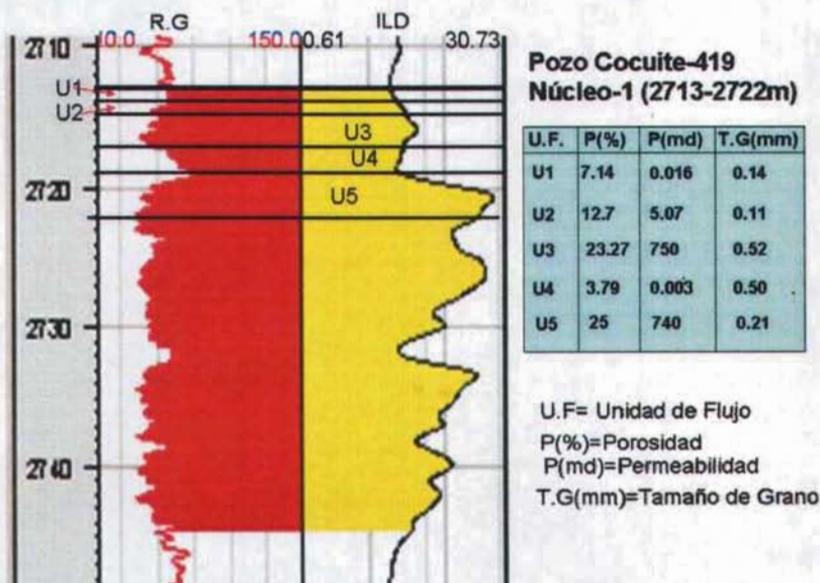


Gráfica 1. Relación de la Porosidad VS permeabilidad VS Tamaño de Grano

## Cocuite 419 Núcleo-1

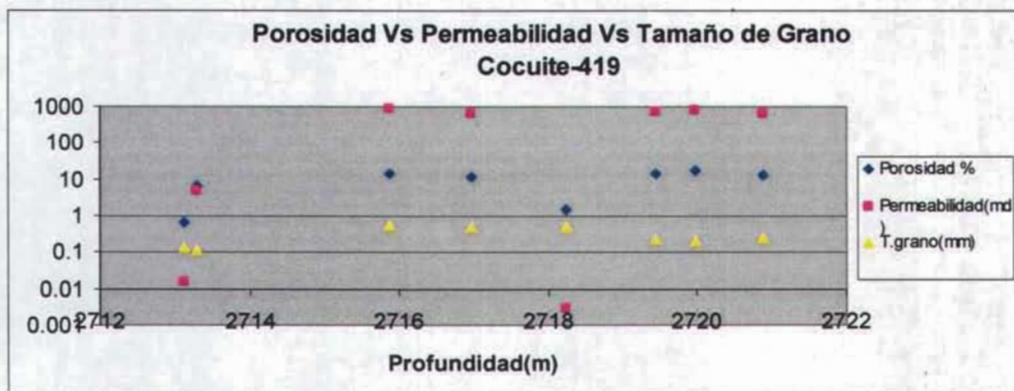
Profundidad (m)	Porosidad (%)	Permeabilidad (md)	Tamaño de Grano	Unidad De Flujo
2713.11	7.14	0.016	0.14	U1
2713.29	12.7	5.07	0.11	U2
2715.87	23.44	898	0.52	U3
2716.96	23.27	659		
2718.24	3.79	0.003	0.50	U4
2719.44	26.13	719	0.21	U5
2719.96	26.12	797		
2720.87	24.88	703		

Tabla 12 Datos de porosidad y permeabilidad.



En figura 29. Se observaron 2 unidades de flujo de excelente calidad (U3,U5) y 3 unidades de mala calidad (U1, U2 y U4) Tabla-2. Las unidades de flujo (U1 y U2)

presentan baja porosidad y permeabilidad por el tamaño de grano fino y por el proceso diagenético (compactación mecánica), la unidad de flujo(U4) se le determino un tamaño promedio de grano de 0.50 mm, grano grueso pero debido a los efectos de los procesos diagenéticos de compactación mecánica y cementación tardía de calcita ferrosa presentó una gran reducción en porosidad y permeabilidad (lámina 6).

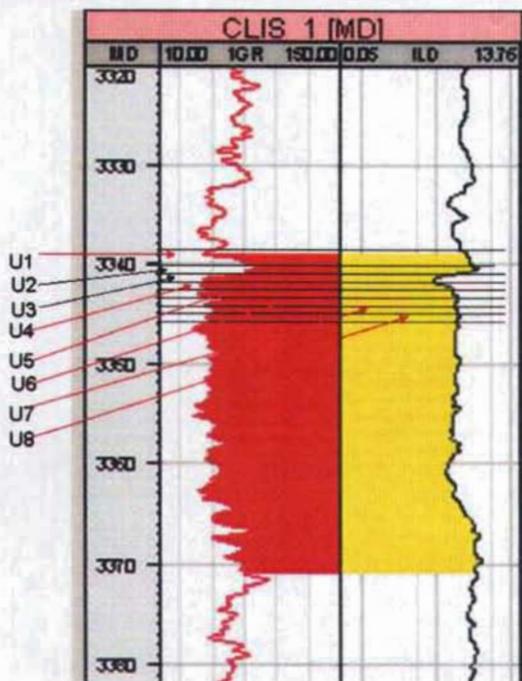


Gráfica 2 Relación de la Porosidad VS permeabilidad VS Tamaño de Grano

## Clís-1 Núcleo-1

Profundidad (m)	Porosidad (%)	Permeabilidad (md)	Tamaño de Grano(mm)	Unidad De Flujo
3339.34	21.4	281.3	0.25	U1
3339.82	19.6	101.3		
3340.24	16.6	53.79	0.21	U2
3340.53	10.1	0.5274		
3340.63	8.1	0.0531	0.35	U3
3340.84	19.5	104.5		
3341.68	21.4	450.6		U4
3341.82	19.1	178.4	0.29	
3342.67	21.3	185.9		
3342.81	4.5	0.0031	0.12	U5
3343.22	22.8	453.1		
3343.54	19.5	367.6	0.21	U6
3344.68	10.5	0.3164	0.12	U7
3345.15	23.8	297.4		
3345.63	22.6	168.5	0.31	U8

Tabla 12. Datos de porosidad y permeabilidad.

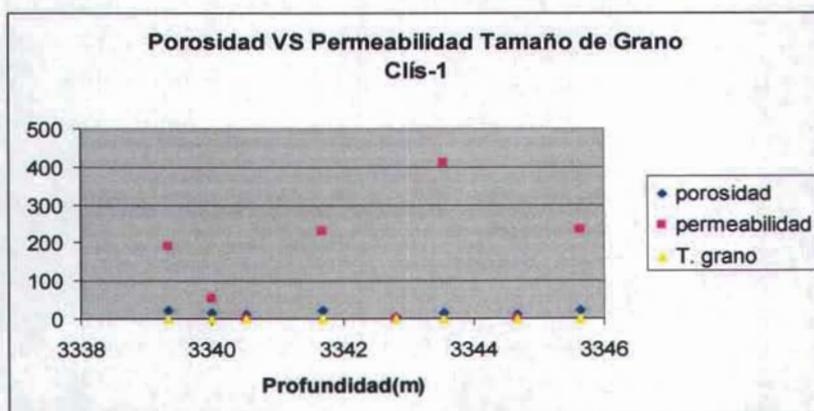


### Pozo Clís-1 Núcleo-1 (3339-3347m)

U.F.	P(%)	P(md)	T.G(mm)
U1	20.0	191.3	0.25
U2	16.6	53.79	0.21
U3	9.1	0.290	0.35
U4	20.32	229.85	0.29
U5	4.5	0.0031	0.12
U6	12.7	410	0.21
U7	10.5	0.3164	0.12
U8	23.2	232.9	0.31

U.F= Unidad de Flujo  
P(%)=Porosidad  
P(md)=Permeabilidad  
T.G(mm)=Tamaño de Grano

En la figura 30. Se determinaron 4 unidades de excelente calidad (U1,U4, U6 y U8) como se pudo observar estas muestras presentaron tamaño de grano de medio a grueso el procesos diagenéticos que mas afecto fue la compactación mecánica, 1 unidad de flujo de buena calidad (U2) y 3 unidades de mala calidad (U3,U5 y U7) aquí los procesos diagenéticos que actuaron fueron la compactación mecánica y la combinación de illita/esmectita que bloquean las gargantas de los poros.



Gráfica 3 Relación de la Porosidad VS permeabilidad VS Tamaño de Grano

---

---

## 4.-DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 Petrografía

Mediante el estudio de lámina delgada de las muestras, con la técnica de conteo de puntos se determinaron los promedios de los porcentajes de los diferentes constituyentes de la roca.

#### **Pozo Cocuite-402**

La arenisca "M" está formada principalmente de grano fino a medio dominados por granos de cuarzo monocristalino (20.05 %), fragmentos calcáreos(14 %), los feldespato predominantes son las plagioclasa (15%). Los feldespatos potásicos son insignificantes (alrededor del 5%), así como insignificantes cantidades de cuarzo policristalino (3%).

Las evidencias diagenéticas determinadas mediante el análisis petrográfico de lámina delgada, Microscopio Electrónico de Barrido (MEB), y Catodoluminiscencia, en la arenisca, incluye principalmente: compactación mecánica, cementación de calcita ferrosa, dolomita ferrosa, sobrecrecimiento pobremente desarrollado de feldespato, arcilla clástica como reductora de porosidad y permeabilidad.

#### **Pozos Cocuite-419**

Las areniscas son generalmente de grano medio a grueso dominados por granos de cuarzo monocristalino (12 %), policristalino (5.5 %), feldespatos predominan son las plagioclasa(promedio 11%), los feldespatos potásicos son insignificantes (alrededor del 3%), fragmentos de roca ígnea (24%), fragmentos metamórficos(promedio 6%), fragmentos calcáreos( 6%).

Las evidencias diagenéticas dentro de la arenisca incluye principalmente: compactación mecánica, cementación como calcita ferrosa, dolomita ferrosa, siderita y sobrecrecimiento de feldespato.

---

---

## Pozos Clís-1

Las areniscas son generalmente de grano fino a medio dominados por granos de cuarzo monocristalino (5.8 %), policristalino (5.2 %), plagioclasa (promedio 10.4%), feldespatos potásicos ( 0.5 %), fragmentos de roca ígnea (29%), fragmentos metamórficos(7.5 %), fragmentos calcáreos ( 4.4%).

Las evidencias diagenéticas dentro de la arenisca incluye: compactación mecánica, la cementación está como calcita ferrosa, dolomita ferrosa, siderita, sobrecrecimiento de feldespato y matriz arcillosa.

### Granos Detríticos

Los detalles mineralógicos fueron determinados por conteo de puntos (tablas 4,5,6 y 7 )

La relación de cuarzo (Q), feldespato (F) y Líticos (L) fueron calculados de los datos del conteo de puntos. Tres muestras fueron clasificadas como litarenita arcósica, 9 como litarenitas, 3 como arcosa lítica, y una como arcosa. Los granos dominantes son de cuarzo, feldespato, fragmentos de rocas calcáreas y fragmentos de roca ígnea. El cuarzo monocristalino es el cuarzo más abundante y el cuarzo policristalino se encuentra como trazas o moderadamente. Las plagioclasas son los feldespatos dominantes 9.7 a 23.7 % por conteo de puntos. El feldespato potásico se encuentra como trazas. la mayoría de fragmentos de caliza son calcita no ferrosa; sin embargo algunos fragmentos de caliza son alterados a calcita ferrosa. Los fragmentos de roca ígnea (volcánicos y plutónicos) se encuentran como trazas.

Los fragmentos de roca ígnea han sido parcialmente alterados a arcilla.

Los fragmentos líticos en menor cantidad incluyendo los fragmentos de roca metamórfica es el pedernal. Los granos accesorios incluyen micas, minerales pesados, foraminíferos y material orgánico.

---

---

## **Matriz Detrítica**

La matriz se observa en seis muestras en rango de 1.0 % a 61.1 % determinado por conteo de punto. La matriz consiste de arcilla clástica, con una composición mixta illita/esmectita que varía de 0.3 a 1 %.

## **4.2-Identificación de Litofacies.**

Con el análisis de las láminas delgadas, del Microscopio Electrónica de Barrido y Catodoluminiscencia de los pozos (Cocuite-402, 419 y Clís-1) se determinaron las siguientes facies litológicas del yacimiento "M".

### **Pozo Cocuite-402**

1.- Facies de arenisca de grano fino constituida principalmente de granos de cuarzo, feldespato (plagioclasa, potásico), fragmentos de caliza, fragmentos de roca ígnea, moderadamente clasificada, tamaño promedio de grano 0.13 mm, parcialmente cementada con calcita ferrosa, dolomita ferrosa, se determinó arcilla autógena illita/esmectita y trazas de pirita.

2.- Facies de arenisca arcillosa de grano muy fino a fino, constituida principalmente de granos de cuarzo, feldespato (plagioclasa, potásico), fragmentos de caliza y fragmentos de roca ígnea, pobremente clasificada, con matriz arcillosa, tamaño promedio de grano 0.10 a 0.13 mm, parcialmente cementada con calcita ferrosa.

3.- Facies de lutita arenosa constituida por principalmente por granos de cuarzo, feldespato (plagioclasa y potásico), fragmentos metamórficos, tamaño promedio de grano 0.12 mm, con matriz arcillosa y parcialmente cementada con dolomita ferrosa

---

---

## **Pozo Cocuite-419**

1.- Facies de arenisca ligeramente arcillosa de grano fino constituida por granos de cuarzo, plagioclasas, feldespato potásico), fragmentos de roca ígnea, fragmentos de caliza, matriz arcillosa, cementada con calcita ferrosa, tamaño promedio de grano 0.11 a 0.14 mm (láminas 4, 5 y 26).

2.- Facies de arenisca de grano grueso constituida principalmente de granos de cuarzo, plagioclasa, fragmentos de roca ígnea, metamórficos y calcáreos, siderita, parcialmente cementada con calcita ferrosa, tamaño promedio de grano de 0.55 a 0.58 mm.

3.- Facies de arenisca de grano fino, constituida principalmente por granos de cuarzo, feldespato (plagioclasa, potásico), fragmentos de roca ígnea, metamórficos y calcáreos, parcialmente cementada con calcita ferrosa, tamaño promedio de grano de 0.20 a 0.23 mm

## **Pozo Clís-1**

1.-Facies de arenisca de grano fino a medio, constituida principalmente: por granos de cuarzo, feldespato(plagioclasa), fragmentos de roca ígnea, metamórficos, escasos fragmentos calcáreos, parcialmente cementada con dolomita ferrosa, arcilla autógena, illita/esmectita, tamaño promedio de grano 0.21 a 0.35 mm.

2.-Facies de arenisca arcillosa de grano fino, constituida de granos de cuarzo, feldespato (plagioclasa), fragmentos de roca ígnea, metamórficos y calcáreos, regularmente clasificada, matriz arcillosa, arcilla autógena illita/esmectita, cementada con calcita ferrosa autógena, tamaño promedio de grano 0.12 mm.

### 4.3 – Clasificación de la roca

#### Pozo Cocuite 402

De acuerdo a los porcentajes de los minerales de Cuarzo, Feldespato y Fragmentos de Roca obtenidos del conteo de puntos (tabla ) del pozo Cocuite 402, y aplicando el triangulo de clasificación de Fol. R.L. 1969 para las areniscas, se determinó el tipo de roca.

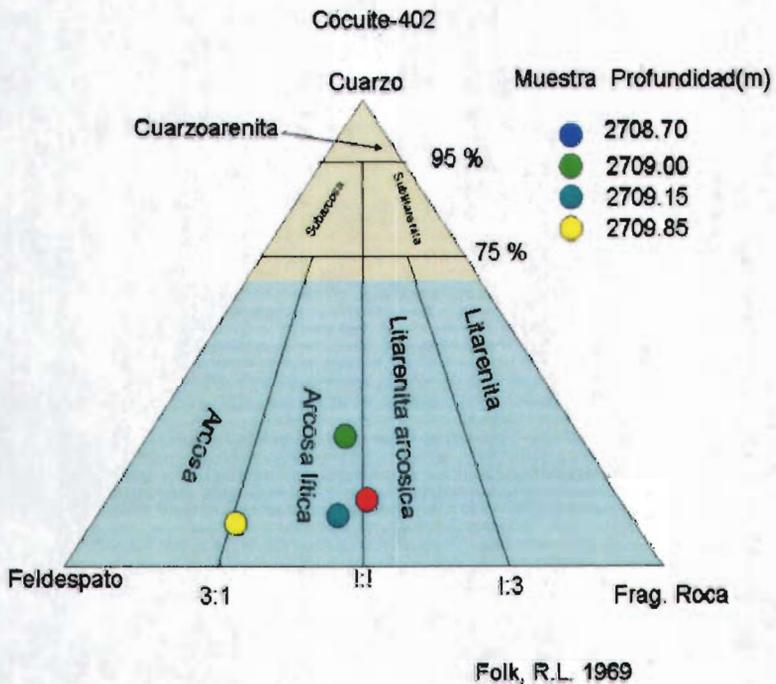


Figura 31. El triangulo de Folk. De las cuatro muestras analizadas tres se determinaron como arcosa lítica y una como arcosa.

## Pozo Cocuite-419

Se le determinó el tipo de roca con los datos obtenidos del conteo de puntos.

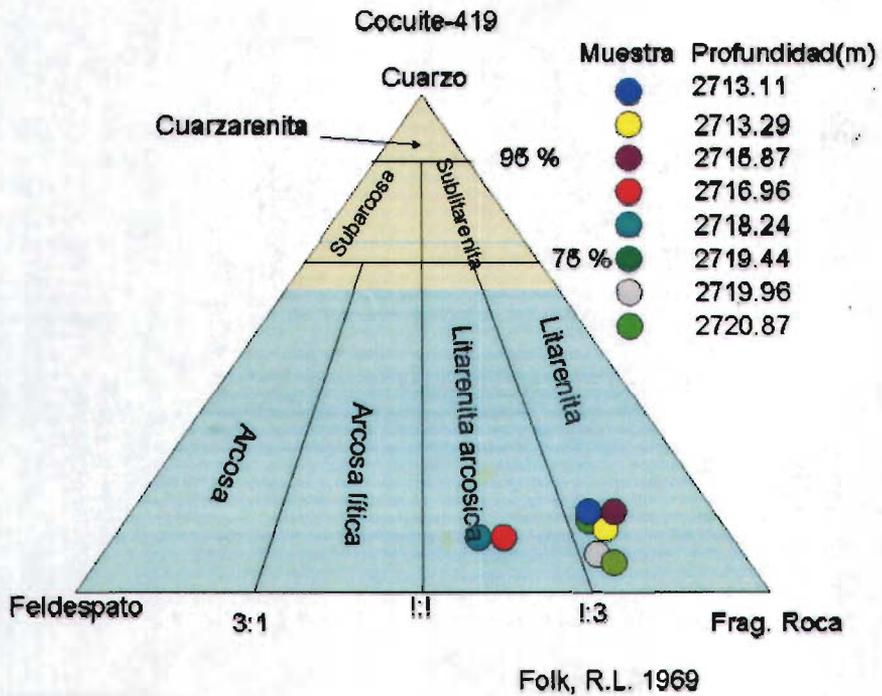


Figura 32. El diagrama muestra que de los ocho análisis que se efectuaron seis se identificaron como litarenitas y dos como litarenitas arcósicas

## Pozo Clís-1

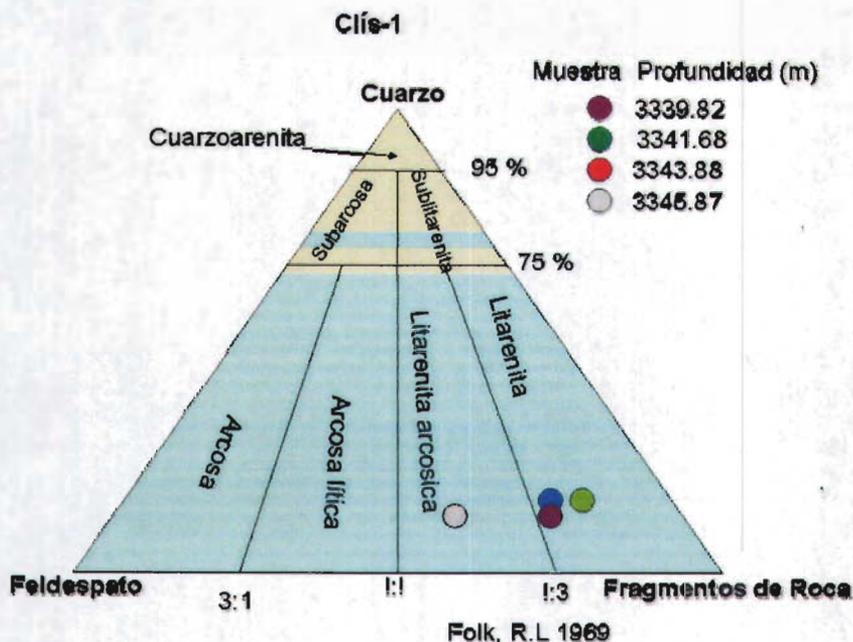


Figura 33. Como se observa en este diagrama 3 muestras son litarenitas y una litarenita arcósica.

### 4.4.-Historia Diagenética.

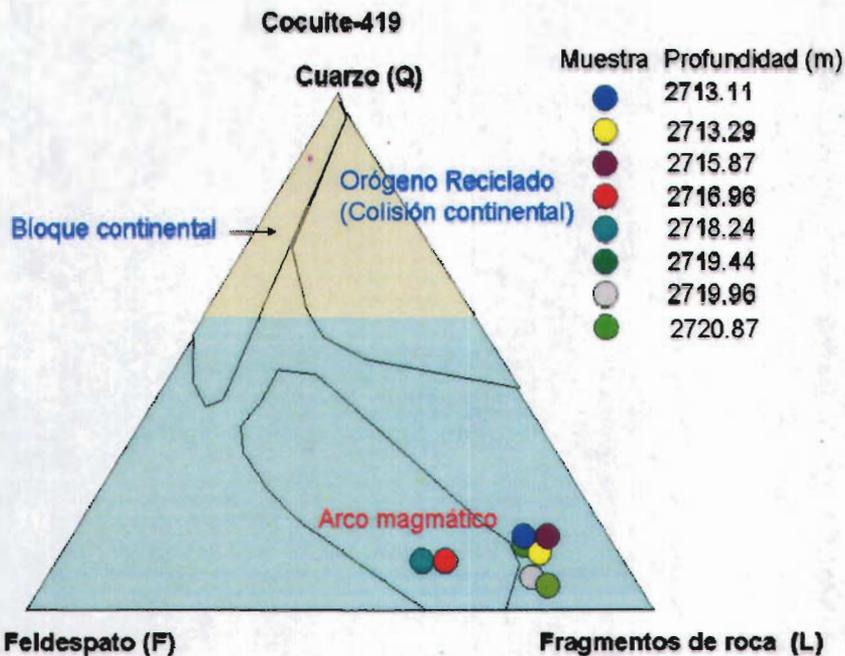
La marcada diferencia mineralógica entre las areniscas de los pozos Cocuite-402, 419 y Clís-1, reflejan contrastes en su origen. La arenisca "M" cortada por los pozos Cocuite-419 y Clís-1 está constituida por Cuarzo, Feldespato (incluyendo plagioclasa y ortoclasa), granos líticos (dominados por volcánicos y fragmentos de rocas metamórfica) (tablas 4,5 y 6).

En contraste la arenisca "M" del pozo Cocuite-402 es rica en cuarzo, feldespatos y fragmentos de roca, los cuales consisten de una mezcla de volcánicos y calcáreos, con un amplio dominio de los fragmentos calcáreos (tabla-3).

El conjunto de eventos diagenéticos observados en la arenisca "M" del campo Cocuite (Pozos Cocuite 402, 419 y Clís-1), mediante la petrología, microscopio electrónico de







Contenido modal de las areniscas procedentes de diferentes ambientes tectónicos a partir de los diagramas QFL de Dickinson (1986).

Figura 36. El diagrama nos presenta que la fuente de aporte de los granos de estas areniscas pudieran ser arcos magmáticos y orógeno reciclado.

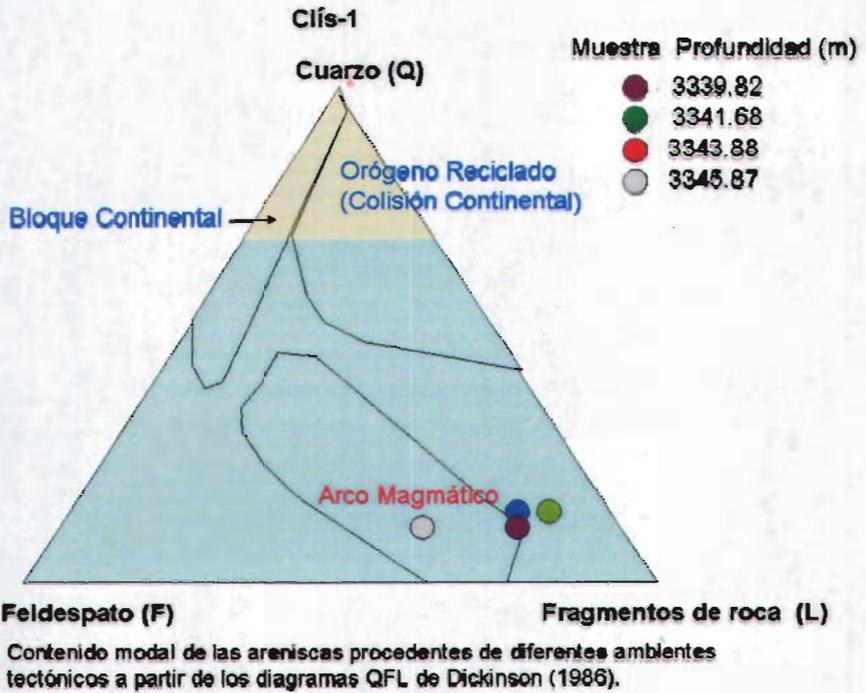


Figura 37. El diagrama muestra que la principal fuente de aporte de los granos de las areniscas del pozo Clís-1 son arcos magmáticos y erógeno reciclado.

---

---

## 5.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- (1) La porosidad y la permeabilidad disminuyen con el aumento de la profundidad en forma lineal en el campo Cocuite
- (2) La presencia de granos de arena fácilmente deformables ricos en carbonato de calcio y la arcilla clástica han sido críticos para la calidad del yacimiento en las arenisca "M del campo Cocuite. Causó la pérdida de porosidad durante el sepultamiento, la cementación de calcita ferrosa y la compactación mecánica también fueron procesos que disminuyeron las propiedades petrofísicas de porosidad y permeabilidad.
- (3) Los granos dúctiles de carbonato de calcio, permitieron que la roca experimentara la deformación plástica durante el sepultamiento y compresión, reduciendo la porosidad en un velocidad mayor que por la compresión de los granos rígidos de cuarzo.
- (4) La permeabilidad también ha sido afectada por la presencia de granos dúctiles, y matriz clástica bloqueando las gargantas del poro dejando poros inconectados como se observó en las muestras del pozo Clís-1 (lámina 9).
- (5) El cemento del cuarzo está poco presente en las muestras analizadas debido a que se tiene gran afluencia de fragmentos líticos y se observa muy poca presión solución.
- (6) El cemento de calcita ferrosa, dolomita ferrosa y siderita tiene crecimientos que bloquean las gargantas del poro. El bloqueo de la garganta de poro por los cementos causan perdidas rápidas de la permeabilidad.<sup>7</sup>
- (7) Un conocimiento de la calidad primaria de la arena (contenido dúctil primario del grano), de la profundidad del entierro, de la temperatura y de la presión se puede utilizar para predecir porosidad y permeabilidad en la escala de la cuenca. Esto da al explorador una manera de las perspectivas de la predicción y de la graduación en términos de la calidad del yacimiento.

---

---

(8) La arcilla predominante en la arenisca "M" del campo Cocuite es la illita/esmectita, misma que también disminuye el tamaño de la garganta de poro y que tiende a hincharse cuando se pone en contacto con el agua.

(9) Mediante el análisis de catodoluminiscencia y el microscopio electrónico de barrido en la arenisca "M", se observaron dos tipos de cementación una primaria originada por cemento de calcita y otra tardía originada por calcita ferrosa y dolomita ferrosa así como se pudo observar arcillas de tipo diagenéticas(illita fibrosa).

(10) Mediante el análisis de Microscopio Electrónico de Barrido, se observó dos tipos de cementación tardía la primera fue de calcita ferrosa y cubriendo a esta se observó illita/esmectita, así mismo se determinó sobrecrecimiento de feldespato, siderita, matriz clástica, así como porosidad intergranular.

(11) Se observaron tres etapas diagenéticas: Temprana, Intermedia y Tardía.

(12) En la etapa temprana se observa, sobrecrecimiento de cuarzo y feldespatos, el inicio de procesos de disolución de feldespatos y fragmentos líticos.

(13) La etapa intermedia se caracteriza por sobrecrecimiento de cuarzo autigénico, feldespato autigénico, illita/esmectita en capa mixta.

(14) La etapa tardía corresponde al evento de cementación de calcita férrica y dolomita férrica.

(15) La mejor calidad del yacimiento se observó en las muestras que presentaron menor cantidad de cemento tardío (calcita férrica y dolomita férrica) así como menor compactación mecánica.

(16) Los estudios petrográfico, catodoluminiscencia y microscopio electrónico de barrido muestran evidencias de la formación de minerales autigénicos como arcillas, feldespato, calcita ferrosa, dolomita ferrosa, cuarzo, mismos que obturan parcialmente

---

---

las gargantas de los poros. El proceso diagenético de mayor importancia que se observó en los pozos Cocuite-402, 419 y Clís-1 fue la compactación mecánica.

(17) En el pozo Cocuite-402 en el núcleo 2 se observaron 8 unidades de flujo de las cuales 2 son de buena calidad (U2, U4) 2 de regular calidad (U1,U3) y las 4 restantes de mala calidad ( U5,U6, U7 y U8).

(18) En el pozo Cocuite -419 se observaron 5 unidades de flujo de las cuales 2 son de excelente calidad (U3 y U5) 3 de mala calidad (U1, U2 y U4).

(19) En el pozo Clís-1 se observaron 8 diferentes unidades de flujo, 4 unidades de excelente calidad (U1, U4,U6 y U8), 1 de buena calidad ( U2) y 3 de mala calidad ( U3, U5 y U7).

## **Recomendaciones.**

(1) De acuerdo al análisis de Microscopio Electrónico de Barrido, se pudo observar que la arcilla que predomina en la mayoría de las muestras analizadas fue la combinación de illita/esmectita, esta arcilla es una de las que más se hidratan por lo que se recomienda utilizar fluidos que no alteren a la arcilla y por lo tanto no dañen el yacimiento. Ciertamente algunos yacimientos producen mas hidrocarburos cuando son tratado con acido antes de ser probados. Sin embargo algunos minerales arcillosos pueden con el acido fluorhídrico causar la precipitación de sílica.

(2) La estimulación o limpieza del pozo se puede efectuar con fluidos como el acido acético o salmuera de cloruro de calcio.

(3) Con la información obtenida es recomendable comunicarse con los Ingenieros petroleros e informar sobre los sedimentos finos que están presentes en las gargantas de los poros (tipos de arcillas), para que sean elementos de juicio cuando efectúen los

---

---

trabajo de terminación del pozo, para evitar una serie de problemas al yacimiento, y sobre todo un ahorro de recursos económicos.

(4) Para una mejor determinación de las unidades de flujo de un yacimiento sería importante nuclear continuamente hasta atravesar el yacimiento y mandarlo a los diferentes análisis petrofísicos y químicos, con esto se tendrán mayores elementos de juicio para toma de decisiones y a su vez conocer completamente el yacimiento.

(5) Se recomienda efectuar estudios adecuados: Análisis de Difracción de Rayos X (XRD), ya que este análisis es muy rápido y tiene dos aplicaciones principales en geología del petróleo:

a.-análisis mineralógico rápido de una muestra de roca; y

b.-identificación de minerales arcillosos, cuantificación de separación de minerales.

El XRD provee información acerca de la mineralogía de las muestras sin diferenciar su origen diagenético o detrítico. Particularmente es usado para identificar rápidamente minerales que puedan causar problemas durante la perforación, producción de hidrocarburos o simulación de yacimiento y puede ser aplicado a muestras que no se pueden preparar para análisis en lámina delgada, como muestras de núcleo de pobre consolidación o muestras de canal. La velocidad del análisis de XDR es una mejor ventaja en geología del petróleo donde la composición mineralógica del intervalo de un yacimiento necesita ser determinada muy rápidamente, mientras que un pozo todavía está perforando.

(6) Estudio de Inclusiones Fluidas, mismo que ayuda a obtener la siguiente información del yacimiento: (a) distinción de hidrocarburos líquidos y gases (técnica de fluorescencia), (b) presión y temperatura de atrapamiento del fluido, (c) salinidad del fluido atrapado. Con esta información se determina presión, temperatura y salinidad del yacimiento.

(7) Estudio de Isótopos de Rubidio-Estroncio para datar minerales arcillosos y obtener la edad de la roca cuando no se tienen datos bioestratigráficos.

---

---

## Referencias Citadas

**Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, 1999**, Publicación especial No. 1 La Cuenca de Veracruz/Papaloapan.

**Bello N. M. A., 1983**, "Integración e interpretación geológico-geofísica de la Cuenca de Veracruz". IMP, vol., 15, no. 2, p. 15-33.

**Burley, S.D., 1984**, Patterns of diagenesis in the Sherwood Sandstone Group (Triassic), United Kingdom, Clay Mineral, 19, 403-440.

**Burley, S.D., 1986**, the development and destruction of porosity within Upper Jurassic reservoir sandstone of the Piper and Tartan Fields, Outer Moray Firth North Sea. Clay Minerals, 21, 649-694.

**Cabrera C. R. y Rivera L. J., 1984**, Estratigrafía- Sedimentología de las cuencas Terciarias del Golfo de México, Bol. AMGP Vol. XXXVI, Num 2 1984 pag 4-54

**Corelab Operation, 2000**, Informe final Análisis Petrofísica Básica de Núcleos del pozo Cocuite 402.

**Corelab Operation, 2002**, Informe final de Análisis de Núcleos del pozo Cocuite 419.

**Corelab Operation, 2002**, Informe final de Análisis de Núcleos del pozo Clís-1.

**Corver Robert E. 1971**, Procedure in Sedimentary, Petrology.

Allan J.R. and Wiggins W.D., 1993, Dolomite Reservoirs Geochemical Techniques for Evaluating Origin and Distribución, AAPG,

**Cruz Helú, P., Verdugo V.R., and Barcenas P.R. , 1977**, Origen And Distribution of Terciario and Conglomerates, Veracruz Basin México. AAPG Bull, Vol. 61 No. 2 p. 207-226.

**De Andrews Group International, Inc.,1996**, Proyecto de Caracterización Campos Terciarios de Veracruz.

**Dickinson, W.R., 1986**, Provenance and sediment dispersal in relation to paleotectonics and paleogeography of sedimentary basin, *in* K.L. Kleinspehn and C. Paola (eds.), New perspectives in basin analysis, Spring-Verlag, p. 27-42.

**Dominic E & Andrew Robinson, 1993** Inorganic Geochemistry Application to Petroleum Geology, Blackwell Scientific Publications

- 
- 
- Lucia F. J., 1999**, Carbonate Reservoir Caracterización.
- Fairchild, I.J., 1983**, Chemical controls, of cathodoluminescence of natural dolomites and calcites; new data and review. *Sedimentology*, 30 , 579-583.
- Folk L.R., 1969**, Petrología de las rocas sedimentarias, Instituto de Geología de la UNAM:
- Fol. L.R., 1974**, Petrology of sedimentary Rocks, Hemphill Publishing Company, Austin Texas.
- García-E.J., 1999**, Caracterización Geológica-Geofísica y Evaluación Económica del Play Frío del Oligoceno en la Cuenca de Burgos. Tesis de Maestría; U.N.A.M.
- Garaicochea P. F., Samaniego V. F., 1988**, Temas Selectos sobre la Caracterización y la Explotación de Yacimientos Carbonatados. CIPM , p 5-73.
- Guillemot, J. 1971**, Geología del petróleo, Paraninfo, Madrid.
- Huggent, J.M., 1984**, Control on mineral authigenesis in Coal Measures sandstone of the East Midlands, UK. *Clay Minerals*, 19, 342-357.
- Huggent, J.M., 1986**, An SEM study of phyllosilicate diagenesis in sandstones and mudstones in the Westphalian Coal Measures using back-scattered electron microscopy. *Clay Minerals*, 21, 603-616.
- Jacobo, A.J., M. VH Garduño, F. Innocenti, Manneti, G Pasquare and S. Tonarini, 1992**, Datos sobre el volcanismo Neogeno-Reciente del complejo volcánico de los Tuxtlas, Edo. de Veracruz, México.
- Jennette D. C., 2001**, " Integrated Gas Play Characterization of the Neogene in Veracruz Basin, Eastern Mexico. *Proceedings of the 2001 AMGP-AAPG* IV Conferencia Int. Conjunta AMGP-AAPG, sesión poster no. 9
- Long, J.V. and Agrell, S.O., 1965**, The cathodoluminescence of mineral in thin section *Min. Mag.*, 34, p 318-326.
- Kantorowics, J.D. 1985**, The petrology and diagenesis of Middle Jurassic clastic sediments, Ravenscar Group, Yorkshire. *Sedimentology*, 32, 833-853.
- Martínez I. R., 1999**, Estudio de inclusiones fluidas en dolomitas asociadas a emplazamiento de hidrocarburos: parte sur del campo Cantarell, Zona Marina Campeche. Tesis de Maestría; U.N.A.M.
- Marshall D.J., 1988**, Cathodoluminescence of Geological Material. Unwin Hyman.

- 
- 
- Meneses de G, J., 1953**, "Condiciones estratigráficas de los sedimentos Terciarios en la Cuenca de Veracruz".  
Bol. AMGP. vol., V, no. 3-4, p. 105-112.  
Publicación especial, no. 1, 50 aniversario AMGP.
- Mossman, R.W. and Viniegra, O.F. 1976**, Complex fault structures in Veracruz province of México, AAPG Bolletin, V. 60, p. 379-388.
- PEMEX-PEP, 2002**, Informe del Análisis de la Producción de las Areniscas E, G y M (Caracterización Dinámica) Campo Cocuite.
- Pemex Exploración y Producción, 2002**, Informe del análisis de la producción de las areniscas "E", "G" y "M" (Caracterización dinámica), Campo Cocuite.
- R. Aguilera SPE, Servipetrol Ltd, M.S. Aguilera, SPE, Servipetrol Ltd, 2001**, The Integration of Capillary Pressures and Pickett Plots for Determination of Flow Unit and Reservoir Container, SPE 71725, pag 1-15.
- R. W. Mossan , F. Viniegra, 1976**, "Complex fault structures in the Veracruz provience of Mexico".  
AAPG bulletin, vol., 60, p. 379-388.
- Rivera Cruz Sergio, 2000**, Informe interno del pozo Cocuite 412.
- Sippel, R.F., 1968**, Sandstone petrology, evidence from luminescence petrography. J. Sed. Petrol. , 38, 530-554.
- Tankard, A.J., 1986**, On the depositional response to thrusting and lithosphere flexure: example from the Appalachian and rocky mountain basis: Spe. Int Ass Sediment V.8, p. 369-392.
- Trewin, N.H., 1988**, The SEM in sedimentology. In Turcker, M.E. (ed.), Techniques in Sedimentology, pp 229-273, Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Vazquez Romero, R. O. 2003**, Análisis de la amplitud sísmica preapilada como herramienta de apoyo en la generación de prospectos exploratorios. Tesis de maestría, UNAM.
- Walker, G. and Burley, S.D., 1991**, Luminescence petrography and spectroscopic studies of diagenetic minerals, in Barker, C.E. and Kopp, O. , eds., Luminescence microscopy: Quantitative and qualitative aspects: SEMP, sort course notes, v.11, pp. 83-96.

---

---

**Winkler, H.H.F., 1970, Abolition of metamorphic facies, introducción of the four divisions of metamorphic stage, and of a classification based on isogrades in common rocks. N.jb. Miner., Mh.,Jg. H. 5: 189-248, Stuttgart.**

**Zinkernagel U, 1978, Cathodoluminescence of quartz and its application to sandstone petrology. Contribution to Sedimentology, p 9-15.**

Winkler, H.H.F., 1963, "Geología de las Alpujarras de los estratos Terciarios de la Sierra de Guadarrama".

Doc. IGCP vol. 1, no. 1-4, p. 109-112.

Publicación especial no. 1, 43 suplemento IGCP.

Winkler, H.H.F. and Valera, G.F., 1967, Geología de la zona de la Alpujarra provincia de Almería, vol. 5, IGCP, V. 60, p. 67-100.

Winkler, H.H.F., 1970, "Geología de la Alpujarra de los estratos Terciarios de la Sierra de Guadarrama".

Publicación Especial y Producción, 1970, Informe del estudio de la geología de la zona de las "H", "C" y "B" (Alpujarra de Guadarrama). Geología de España.

Winkler, H.H.F., 1970, "Geología de la Alpujarra de los estratos Terciarios de la Sierra de Guadarrama".

Winkler, H.H.F., 1970, "Geología de la Alpujarra de los estratos Terciarios de la Sierra de Guadarrama".

Winkler, H.H.F., 1970, "Geología de la Alpujarra de los estratos Terciarios de la Sierra de Guadarrama".

Winkler, H.H.F., 1970, "Geología de la Alpujarra de los estratos Terciarios de la Sierra de Guadarrama".

Winkler, H.H.F., 1970, "Geología de la Alpujarra de los estratos Terciarios de la Sierra de Guadarrama".

Winkler, H.H.F., 1970, "Geología de la Alpujarra de los estratos Terciarios de la Sierra de Guadarrama".

---

---