

15
29



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

LA FORMACION LA PEÑA COMO ROCA
GENERADORA POTENCIAL EN EL AREA
DE PIEDRAS NEGRAS, COAHUILA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO GEOLOGO
P R E S E N T A :

MARIA DE LOS ANGELES HERNANDEZ JIMENEZ



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

México, D. F.

1990



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 está 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.

CONTENIDO

	PAG.
RESUMEN	1
1 INTRODUCCION	2
1.1 Localización del área de estudio	2
1.2 Objetivos	4
1.3 Métodos de trabajo	4
1.4 Antecedentes	6
2 GEOLOGIA DEL AREA	
2.1 Marco geológico	10
2.2 Estratigrafía	11
2.2.1 Formación Cupido	11
2.2.2 Formación La Peña	15
2.2.3 Formación Glen Rose	18
2.3 Ambientes de depósito	20
3 CARACTERIZACION GEOQUINICA DE LA FORMACION LA PEÑA ...	35
3.1 Cantidad	36
3.1.1 Litología , ambientes sedimentarios y carbó no orgánico	37
3.1.2 Modelos generales de depósito de facies or- gánicas	40
3.2 Calidad	46
3.3 Madurez	48
3.3.1 Indice de alteración térmica	51
3.3.2 Indice tiempo-temperatura	56
3.3.3 Comparación de los resultados de IAT e ITT	59
3.4 Potencial generador	64
4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
BIBLIOGRAFIA	74

INDICE DE FIGURAS

No. DE FIGURA	PIE	PAG.
1	Localización del área de estudio y paleogeografía generalizada del Jurásico Tardío (según Padilla, 1986, p.161).	3
2	Localización aproximada de los pozos Travertino-1 , Piojo-1 y Kikapú-1 en relación con la posición de la línea de costa al final del Campaniano Temprano y el Maastrichtiano Temprano (adaptado de McBride y Caffey, 1979, p. 24).	12
3	Localización aproximada del pozo Kikapú-1 en relación con la posición de la línea de costa al final del Paleoceno y Eoceno (adaptado de Padilla, 1986, p.172).	13
4	Distribución geográfica de la relación lodo/carbonato para la Formación La Peña.	17
5	Interpretación ambiental de las Formaciones Cupido , La Peña y Glen Rose - en el pozo Moral-1.	24
6	Interpretación ambiental de las Formaciones Cupido , La Peña y Glen Rose - en el pozo Travertino-1.	25
7	Interpretación ambiental de las Formaciones Cupido , La Peña y Glen Rose - en el pozo Vacas-1.	26
8	Interpretación ambiental de las Formaciones Cupido , La Peña y Glen Rose - en el pozo Centinela-1.	27
9	Interpretación ambiental de las Formaciones Cupido , La Peña y Glen Rose - en el pozo Casa Roja-1.	28

No. DE FIGURA	PIE	PAG.
10	Interpretación ambiental de las Formaciones Cupido , La Peña y Glen Rose - en el pozo Maravillas-1.	29
11	Interpretación ambiental de las Formaciones Cupido , La Peña y Glen Rose - en el pozo Piojo-1.	30
12	Interpretación ambiental de las Formaciones Cupido , La Peña y Glen Rose - en el pozo Polvorín-1.	31
13	Interpretación ambiental de las Formaciones Cupido , La Peña y Glen Rose - en el pozo Kikapú-1.	32
14	Interpretación ambiental de las Formaciones Cupido , La Peña y Glen Rose - en el pozo Centella-1.	33
15	A.-Sección estratigráfica mostrando - la distribución de los ambientes - sedimentarios correspondientes a - las Formaciones Cupido , La Peña y Glen Rose. B.-Facies ambientales de las Formaciones Cupido , La Peña y Glen Rose a la altura de las líneas I-I' , II-II' y III-III' de la sección transversal adjunta (A-A').	34
16	Mapa de distribución de la relación lodo/carbonato y contenido de carbono orgánico de la Formación La Peña.	39
17	Ambientes de depósito y contenidos de carbono orgánico de muestras de núcleo de la Formación La Peña.	41
18	Contenidos de pirita y carbono orgánico (CO) en muestras de núcleo de la Formación La Peña.	42
19	Mecanismos que pueden originar anoxia.	43,45

No. DE FIGURA	PIE	PAG.
20	Ambientes de depósito con tipos de materia orgánica y su abundancia absoluta (%), de muestras de núcleo de la Formación La Peña.	50
21	Carta de rangos de maduración (modificada de Demaison, 1980, en North, 1985, p.66).	52
22	Profundidades de las zonas generadoras según análisis de regresión de datos de IAT del pozo Travertino-1.	53
23	Profundidades de las zonas generadoras según análisis de regresión de datos de IAT del pozo Piojo-1.	54
24	Profundidades de las zonas generadoras según análisis de regresión de datos de IAT de los pozos Centella-1 y Kikapú-1.	55
25	Diagrama de historia de sepultamiento del pozo Travertino-1.	57
26	Diagrama de historia de sepultamiento del pozo Piojo-1.	58
27	Diagrama de historia de sepultamiento del pozo Kikapú-1.	60
28	Sección estructural y líneas de isomadura (IAT e ITT).	62
29	Mapa de carbono orgánico y tipos de kerógeno de la Formación La Peña.	65
30	Diagrama que muestra los productos principales de la evolución del kerógeno de acuerdo con su grado de madurez (Ro, IAT) y las relaciones atómicas H/C y O/C (según Jones y Edison, 1978, en North, 1985, p.53).	67

No. DE
FIGURA

PIE

PAG.

31

Distribución geográfica de la relación atómica Hidrógeno/Carbono para un kerógeno tipo II , determinada según el método propuesto por North (1985) , a partir de muestras de núcleo de la Formación La Peña.

68

32

Mapa de combinación de la zona de madurez con las zonas potencialmente generadoras de aceite , condensado y gas - de la Formación La Peña.

69

INDICE DE TABLAS CONTENIDAS EN EL TEXTO

No. DE TABLA	ENCABEZADO	PAG.(S)
1	Pozos productores de hidrocarburos en el área de Piedras Negras , Coah. (se gún archivos de PEMEX).	7
2	Manifestaciones de hidrocarburos en - el área de Piedras Negras , Coah. (se gún archivos de PEMEX).	8,9
3	Indicadores ambientales de la Forma- ción La Peña en el área de estudio.	22
4	Interpretación de valores de carbono orgánico , según Bello et al. (1988, Figs. 3.1 y 3.4, con base en datos de Kinghorn, 1983).	36
5	Identificación petrográfica e identi- ficación química (mediante el conteni do de carbono mineral) de algunas muestras de núcleo de la Formación La Peña.	38
6	Cuatro tipos de kerógeno , los macera les que los integran y sus precursor- res orgánicos (Instituto Francés del Petróleo, en Waples, 1985, p.33).	47
7	Indicadores ambientales y componentes orgánicos de la Formación La Peña en el área de estudio.	49
8	Correlación de los valores de ITT pro puestos por Waples (1985) , con los - valores de IAT propuestos por Demai- son (1980, en North, 1985).	61

APENDICE

TABLA I	Identificación petrográfica de muestras de roca de la Formación La Peña de los pozos estudiados.
TABLA II	Fauna y flora fósiles presentes en secciones delgadas de roca de los pozos estudiados.
TABLA III	Datos de carbono orgánico y carbono mineral de muestras de núcleo de la Formación La Peña.
TABLA IV	Estudio óptico del residuo palinológico.
TABLA V	Estudio óptico del kerógeno.
TABLA VI	Temperaturas de fondo y gradientes geotérmicos.
TABLA VII	Cálculo del índice tiempo-temperatura (ITT) para las Formaciones La Peña y adyacentes.
TABLA VIII	Cálculo de las relaciones H/C y O/C de muestras de núcleo de la Formación La Peña.

RESUMEN

Se realizó un estudio geológico-geoquímico de la Formación La Peña , del Aptiano , en 10 pozos petroleros del área de Piedras Negras , Coahuila.

La parte geológica incluyó una reconstrucción de los ambientes de depósito de las Formaciones Cupido , La Peña y Glen Rose. La Formación La Peña fue depositada en ambientes de inframarea somera (laguna) en la parte noroeste del área , y en ambientes de inframarea profunda (plataforma externa) en la parte sureste.

El aspecto geoquímico incluyó la caracterización de la Formación La Peña como roca generadora , por lo cual fueron estudiadas su cantidad (carbono orgánico) , calidad (tipo de materia orgánica) y grado de madurez (índice de alteración térmica e índice tiempo-temperatura).

La porción noroeste del área fue generadora de aceite en mayor cantidad que condensado y gas. La porción sureste fue propicia para la generación de aceite en mayor cantidad que gas y condensado , pero debido a que actualmente se localiza dentro de la ventana del gas , se considera más favorable para la generación de gas que aceite y condensado. El tiempo de generación fue variable desde el Mioceno en el noroeste hasta el Paleoceno en el sureste.

1. INTRODUCCION

La Formación La Peña , del Aptiano , aflora en una extensa zona del noreste de México y del sureste de los Estados Unidos. Ha sido considerada roca generadora de hidrocarburos por autores como Delinder y Molguín (1979) , Cuevas (1984) , Ruiz y Nieto (1986) , Romero y Hernández (1986) y Rosales et al. (1988). Sin embargo , en México hasta la fecha no se cuenta con investigaciones geoquímicas detalladas como la correlación aceite-roca generadora y/o gas-roca generadora que confirmen dicha consideración. Un análisis del ambiente geológico que explique las características geoquímicas orgánicas de esa formación en el área de Piedras Negras , Coahuila , se presenta aquí por vez primera , con un enfoque especial sobre la evaluación cualitativa de dicha unidad como roca generadora potencial , lo cual se hizo con base en datos aportados por los estudios geológico , geoquímico y palinológico de muestras de núcleo de 10 pozos petroleros ubicados dentro del área de interés.

1.1 LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

La superficie delimitada es una franja orientada NW-SE de aproximadamente 85 km de largo y 15 km de ancho , adyacente al río Bravo en el noreste del estado de Coahuila. Geográficamente está comprendida entre los paralelos 28°10' y 28°57' latitud norte y los meridianos 100°13' y 100°46' longitud oeste. De acuerdo a la clasificación fisiográfica propuesta por Raiss (1959) , se encuentra localizada en la provincia llamada Planicie Costera del Golfo. Según el marco paleogeográfico del Jurásico Tardío propuesto por Padilla (1986,p.161) el área queda ubicada en una zona paleocontinental conocida como península de El Burro-Peyotes (Fig. 1).

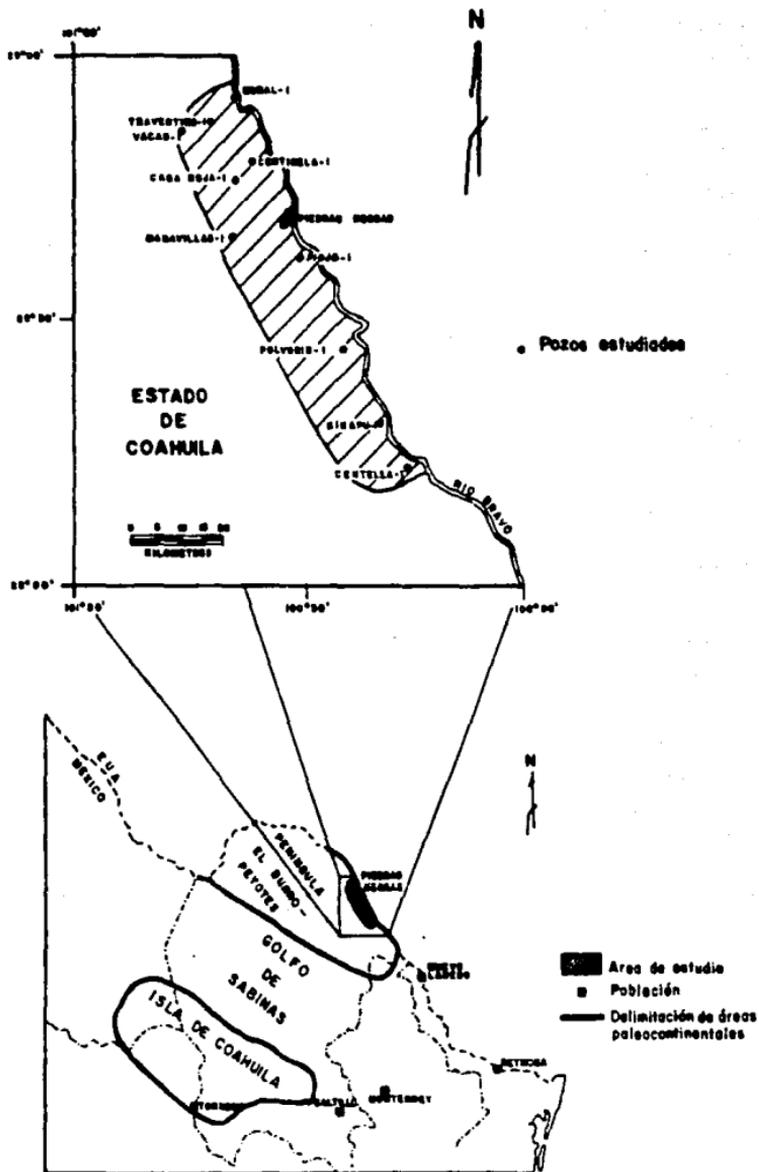


FIG. 1. LOCALIZACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO Y PALEO GEOGRAFIA GENERALIZADA DEL JURASICO TARDIO (Según Padillo, 1986, p. 161)

1.2 OBJETIVOS

El presente trabajo tuvo como objetivos caracterizar y evaluar cualitativamente a la Formación La Peña como roca generadora potencial de hidrocarburos , así como explicar geológicamente el origen de sus características geoquímicas y petrográficas orgánicas en el área de Piedras Negras , Coahuila.

1.3 MÉTODOS DE TRABAJO

La metodología utilizada para la realización del presente trabajo consistió de los siguientes pasos:

- 1.- Recopilación de la información geológica del área de estudio , incluyendo los resultados de petrografía (Tabla I del apéndice) y de paleontología en sección delgada (Tabla II). Parte del análisis petrográfico fue realizado por la autora usando un microscopio de polarización ; el resto de la información petrográfica fue obtenida de los informes finales de los pozos. El paleontológico (Tabla II) fue elaborado por una especialista del Instituto Mexicano del Petróleo , además de otras determinaciones de este tipo hechas por especialistas de Petróleos Mexicanos e Instituto Mexicano del Petróleo.
- 2.- Recopilación de datos de carbono orgánico y de carbono mineral en el Laboratorio de Geoquímica del Instituto Mexicano del Petróleo (Tabla III). Dichos análisis fueron realizados por personal del laboratorio citado.
- 3.- Estudio de las láminas palinológicas disponibles , las cuales se prepararon de acuerdo con el método desarrollado por Rueda et al. (1980, en Rodríguez, 1983). El examen de dichas láminas fue efectuado por la autora con un microscopio de luz transmitida marca Leitz Wetzlar del tipo Orthoplan-Pol, con oculares de 12.5X y objetivos de 16X , 25X , 40X , 63X y 100X. Las condiciones bajo las cuales se hicieron las determinaciones ópticas fueron : colocación del amperímetro

del transformador en 6 voltios , iluminación Köhler y condiciones ópticas de "contraste de fases de Zernike". El examen óptico consistió en llevar a cabo un análisis de la materia orgánica dispersa y de otro análisis de la materia mineral de tipo residual (Tabla IV).

- 4.- Elaboración e interpretación ambiental de secciones columnares de cada uno de los pozos , con base en datos de composición , textura , estructura y contenido faunístico.
- 5.- Determinación de la distribución de la relación lodo/carbonato de la Formación La Peña en el área de estudio.
- 6.- Análisis de las relaciones del contenido de carbono orgánico y los tipos de materia orgánica dispersa con respecto a la distribución de la relación lodo/carbonato , y a la de los ambientes de depósito.
- 7.- Determinación del grado de madurez de la materia orgánica (Tabla V) , también efectuado por la autora , y del Índice Tiempo-Temperatura (ITT) según el método propuesto por Lopatin (1971, en Waples, 1985, pp.123-135) (Tablas VI y VII). Los cálculos del ITT se realizaron para los pozos Travertino-1, Piojo-1 y Kikapú-1.
- 8.- Examen comparativo entre los parámetros de madurez empleados en el área de Piedras Negras (IAT e ITT) , por medio de un análisis de regresión lineal y de una sección estructural.
- 9.- Determinación de las zonas potencialmente generadoras de hidrocarburos de la Formación La Peña , con base en la integración de los datos de cantidad (carbono orgánico) , calidad (tipos de kerógeno) y madurez (IAT e ITT).
- 10.- Determinación de los tipos de hidrocarburos que pudieron haber sido generados por la Formación La Peña , con base en el cálculo de las relaciones atómicas H/C y O/C según el método descrito por North (1985, pp.53 y 65) (Tabla VIII) y a los resultados del estudio palinológico de la materia orgánica dispersa.

1.4 ANTECEDENTES

Los trabajos geológicos regionales en el noreste de México son numerosos. Algunos como los de Padilla (1986), Tinker y Wilson (1986) y McBride y Caffey (1979), incluyen el área que alguna vez se localizó la ya citada península de El Burro-Peyotes. Un resumen de los mismos se incluye en el capítulo 2, el cual trata del marco geológico del área de estudio.

Existe un trabajo de carácter geoquímico petrolero que abarca parte de los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas dentro de cuya extensión se localiza la de la presente tesis. Dicho trabajo fue realizado por Romero y Hernández (1986), quienes efectuaron un muestreo de rocas (núcleos) y de aceites crudos de pozos. Los núcleos, pertenecientes a formaciones del intervalo del Jurásico Superior al Terciario Inferior, se estudiaron con la finalidad de conocer sus posibilidades como rocas generadoras, concluyéndose que las formaciones "más atractivas" son La Casita y Pimienta del Jurásico Superior, La Peña del Cretácico Inferior y Austin del Cretácico Superior. Las autoras encontraron que dichas rocas, actualmente sobreaduradas, debieron generar hidrocarburos principalmente líquidos. Por lo que respecta a los aceites colectados provienen de rocas del Cretácico Superior (Formaciones Austin, Olmos y San Miguel), mientras que otros aceites muestreados fuera de la zona provinieron de arenas terciarias. Al estudiar los aceites se determinaron orígenes diferentes para ambos grupos, siendo el segundo grupo de aceites más ligeros, aunque los dos grupos se mostraron altamente evolucionados debido a procesos térmicos y migratorios previos a su entrapamiento. No fue posible establecer una correlación aceite-roca generadora dentro de la superficie abarcada por este trabajo, aunque se supone que las Formaciones Pimienta y La Peña podrían haber participado en la generación de los aceites recuperados fuera del área.

En los años de 1970 a 1980, Petróleos Mexicanos realizó perforaciones en busca de producción comercial de hidrocarburos

como consecuencia del éxito petrolero logrado en Texas a partir de formaciones cretácicas. El resultado de dichas exploraciones dentro del área de estudio de esta tesis se resume en las Tablas 1 y 2. Como puede verse, hubo producción comercial a partir de yacimientos en rocas cretácicas, actualmente agotados, así como numerosas manifestaciones.

TABLA 1:

POZOS PRODUCTORES DE HIDROCARBUROS EN EL AREA DE PIEDRAS NEGRAS, COAH. (SEGUN ARCHIVOS DE PEMEX).

POZO	PRODUCTO (S)	FORMACION (ES) PRODUCTORA (S)	INTERVALO (S) PRODUCTOR (ES) m.b.m.r.
Moral-1	Condensado y gas	La Peña	1708-1728, 1747-1777
Travertino-1	Condensado y gas	La Peña	1617-1650
Vacas-1	Condensado y gas	Cupido	1570-1600
Centinela-1	Condensado y gas	La Peña	1840-1868, 1887-1930
Casa Roja-1	Condensado y gas	Cupido	(no se tie- ne el dato)
Piojo-1	Condensado y gas	La Peña	2135-2162, 2172-2208, 2234-2242
Ed-256	Aceite	Olmos-San Miguel	295-334
Ed-259	Aceite	Olmos-San Miguel	338-345
Polvorín-1	Condensado y gas	La Peña	2490-2500
Kikapú-1	Gas	La Peña	2460-2495
Vivanco-1	Aceite	Austin	1350-1385

m.b.m.r.=metros bajo mesa rotaria.

TABLA 2:

MANIFESTACIONES DE HIDROCARBUROS EN EL AREA DE PIEDRAS NEGRAS , COAH. (SEGUN ARCHIVOS DE PEMEX).

POZO	FM. LA VIRGEN	FM. CUPIDO	FM. LA PEÑA	FM. GLEN ROSE	FM. EDWARDS	FM. MC KNIGHT	FM. GEORGETOWN
Moral-1		G	C,G	G		G	f
Travertino-1	G		C,G	A*,G	G	G	
Vacas-1	a	C,G	A,G,a	G	A	A,G	
Centinela-1			A,C,G,b,c	a		G	
Casa Roja-1	b	C,G,b	G,b,f	A,G,b,f	G,c,f	b,f	G,b,f
Maravillas-1	G	G	G,c	A*,G,b,c,f	A,f		
Piojo-1			C,G,b	G,c			b
Polvorín-1		G,f	C,G,f	A*,G,g	A,G	G	G
Kikapú-1		G	G	A*,a			a
Centella-1	G,b	f	G,c	G,c	c		

A=Aceite residual.

C=Condensado.

G=Gas.

a=asfalto.

b=bitumen.

c=CO₂

f=fluorescencia (indicador de HC , en el registro de hidrocarburos de Rotenco).

g=gilscnita.

*Según Pedrazzini et al. (1979) , horizontes dolomíticos no continuos presentan una porosidad inter cristalina pobre , conteniendo aceite residual en la Formación Glen Rose.

TABLA 2 (Continuación):

POZO	FM. DEL RIO	FM. BUDA	FM. EAGLE FORD	FM. AUSTIN	FM. UPSON	FM. SAN MIGUEL	FM. OLMOS
Moral-1							
Travertino-1							
Vacas-1		G	A,G,f				
Centinela-1							
Casa Roja-1	G	G	G	A,f			
Maravillas-1			A				
Piojo-1			A	A,G,b			
Polvorín-1		G	f	G,f	g		
Kikapú-1			G	G,f		G,f	
Centella-1			G		b,c	A,G,f,c	A,G,f

A=Aceite residual.

C=Condensado.

G=Gas.

a=asfalto.

b=bitumen.

c=CO₂

f=fluorescencia (indicador de HC , en el registro de hidrocarburos de Rotenco).

g=gilsonita.

2. GEOLOGIA DEL AREA

2.1 MARCO GEOLOGICO

La historia pre-mesozoica del noreste de México es poco conocida debido a la escases de afloramientos. Los afloramientos abundantes pertenecen al intervalo Mesozoico Medio-Terciario , por lo que la descripción de la historia geológica regional que se presenta a continuación parte del Jurásico Tardío.

Según Padilla (1986) al inicio del Jurásico Tardío comenzó una extensa transgresión en la mayor parte del norte de México. El mar inundó las tierras bajas y definió los límites de islas y penínsulas (Fig. 1). Para el inicio del Cretácico empezó a desarrollarse una secuencia predominantemente carbonatada con forma el mar siguió avanzando sobre las tierras emergidas. Este proceso continuó hasta el Senoniano , dando lugar al depósito de formaciones como La Virgen , Cupido , La Peña y Glen Rose.

En particular , la Formación La Peña , de carácter carbonatado-arcilloso , y sus equivalentes Otates y Pearsall , del noreste de México y sur de Texas , fueron depositadas en la periferia del Golfo de México durante un período de levantamiento eustático del nivel del mar ocurrido en el Aptiano. La fracción terrígena de La Peña fue derivada de tierras emergidas lejanas al norte y oeste , y se distribuyó ampliamente sobre la plataforma Cupido/Sligo. Sólo 3.5 millones de años abarca esta unidad , y se considera que sus contactos son isócronos (Tinker y Wilson , 1986).

Durante la última parte del Senoniano se inició un extenso depósito de sedimentos terrígenos (Weidie et al., 1972, en McBride y Caffey, 1979). Esos detritos fueron derivados de rocas volcánicas e intrusivas someras emergentes al oeste del área , y transportados cientos de kilómetros hacia el este para ser depositados en ambientes fluviales , deltaicos y marinos a lo largo del margen del ancestral Golfo de México (McBride y Caffey, op. cit.). Los deltas y la línea de costa en general progradaran de

oeste a este , atravesando el área de estudio durante el Maas-trichtiano Tardío (Fig. 2).

La secuencia mesozoica depositada en el noreste de México fue deformada en el Terciario Temprano por la Orogenia Laramide. Los mares cenozoicos retrocedieron hacia el oriente hasta la actual línea de costa (Fig. 3) , dejando a su paso secuencias formadas principalmente por areniscas y lutitas (Padilla,op. cit.).

2.2 ESTRATIGRAFIA

La columna geológica analizada en este trabajo abarca las Formaciones Cupido , La Peña y Glen Rose , del Cretácico Inferior. El objetivo de estudiar a las formaciones que sub- y su praxacen a la Formación La Peña fue dar marco a las características sedimentarias de esta unidad.

2.2.1 FORMACION CUPIDO

- a) Definición: Imlay (1937,p.606) describió a esta formación como Caliza Cupido y señaló que "incluye espesores medios e interestratificaciones delgadas de calizas grises encima de la Formación Taraises y abajo de la Formación La Peña". Predominan las capas de espesor "medio" de calizas gris oscuro , y muchos estratos contienen concreciones de pirita , mientras que algunos otros presentan pequeñas concreciones "cilíndricas" de pedernal gris claro. Imlay indica que la localidad tipo se encuentra en la pared norte del cañón del Mimbres.
- b) Litología: Las características litológicas de la Formación Cupido en los pozos estudiados (Fig. 1) son , de acuerdo con las descripciones de los informes de PEMEX , sumamente homogéneas. Esta formación consiste de una alternancia de mudstone, wackestone , packstone y grainstone con frecuentes bioclastos , oolitos y pelets. Esta litología varía en los pozos Truvertino-1 y Polvorín-1 , en donde los dos tercios inferiores de la formación consisten de calizas con evaporitas. Dichas porciones evaporíticas probablemente corresponden a la Forma-

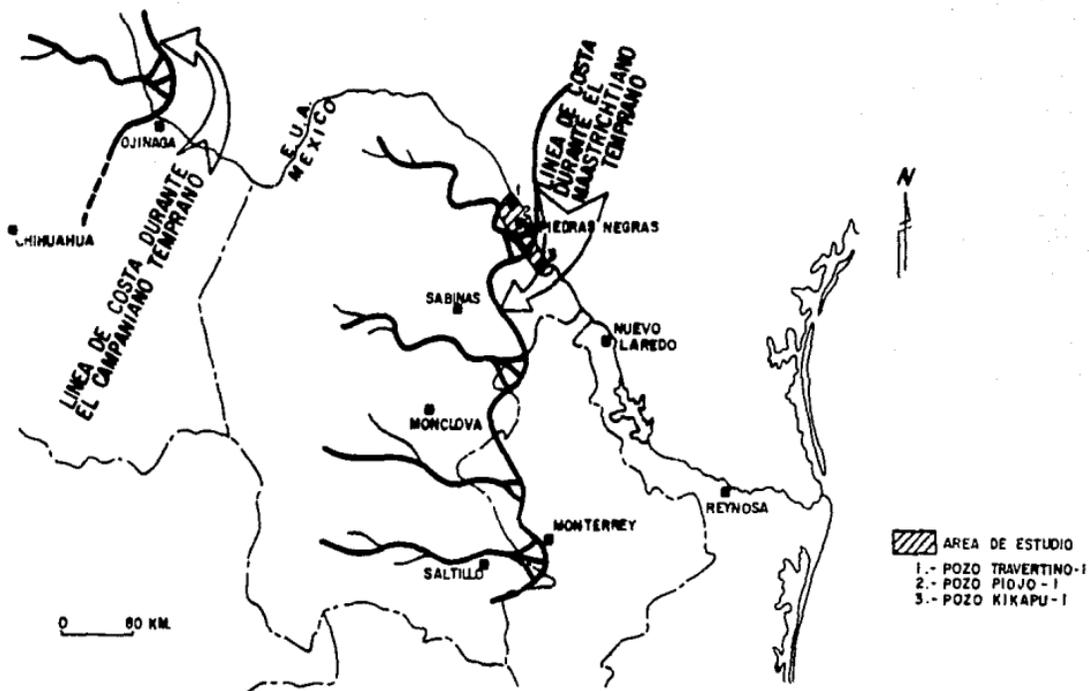


FIG. 2 LOCALIZACION APROXIMADA DE LOS POZOS TRAVERTINO-1, PIOJO-1 Y KIKAPU-1 EN RELACION CON LA POSICION DE LA LINEA DE COSTA AL FINAL DEL CAMPANIANO TEMPRANO Y EL MAASTRICHTIANO TEMPRANO (ADAPTADO DE McBRIDE Y CAFFEY, 1979).

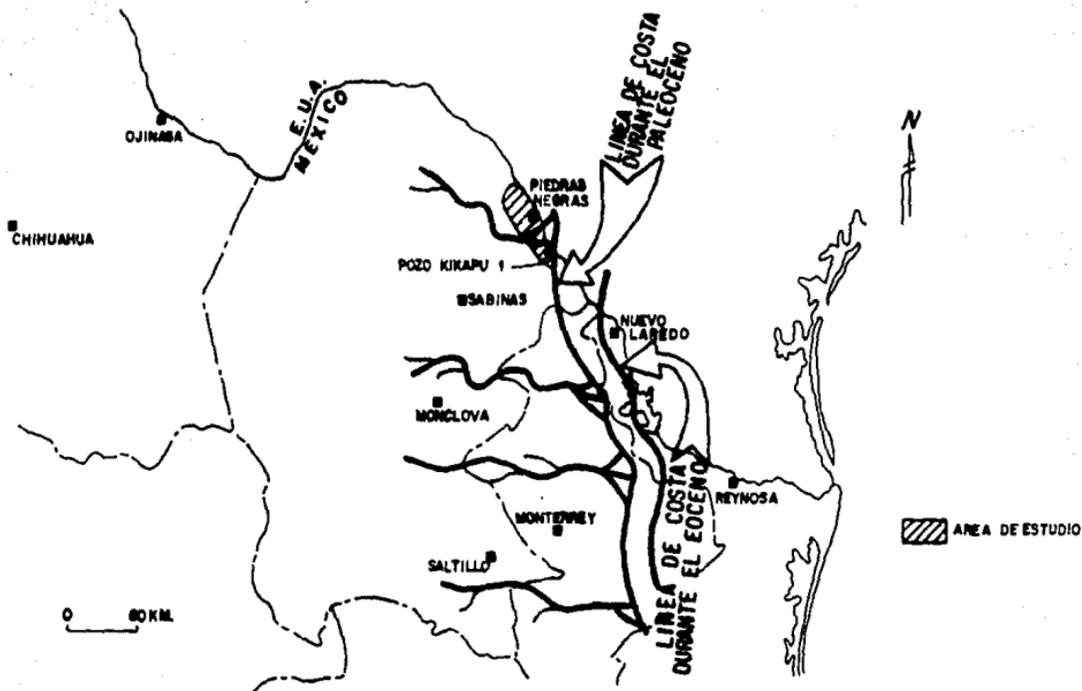


FIG. 3 LOCALIZACION APROXIMADA DEL POZO KIKAPU-1 EN RELACION CON LA POSICION DE LA LINEA DE COSTA AL FINAL DEL PALEOCENO Y EOCENO (ADAPTADO DE PADILLA , 1986, P. 172).

ción La Virgen , identificada debajo de Cupido en el resto de los pozos estudiados.

- c) Espesor: El espesor promedio en los pozos analizados es de 89 m , incluyendo las porciones con evaporitas de los pozos Travertino-1 y Polvorín-1. El espesor promedio en los ocho pozos sin evaporitas es de 53 m.
- d) Fósiles: Los miliólidos se presentan en todos los pozos estudiados. El pozo Moral-1 contiene además textuláridos , algas calcáreas y fragmentos de equinodermos y de moluscos. El pozo Travertino-1 también incluye textuláridos , chofatelas , foraminíferos de formas trocospirales , algas calcáreas , gasterópodos , ostrácodos , serpúlidos y fragmentos de equinodermos. En el pozo Polvorín-1 se hallaron , además de los miliólidos , chofatelas , textuláridos , ostrácodos , algas calcáreas , moluscos , fragmentos de equinodermos , espinas de esponjas , radiolarios y Favreina sp. .

Debe notarse que la mayor diversidad fosilífera se encontró en los pozos Moral-1 , Travertino-1 y Polvorín-1 , lo cual probablemente se debe a que en estos pozos se tomaron muestras de núcleo mientras que en los otros únicamente se colectaron muestras de canal de la Formación Cupido.

- e) Contactos formacionales: De acuerdo con los informes de PEMEX , la Formación Cupido se encuentra subyaciendo en forma concordante y brusca a la Formación La Peña y suprayaciendo de manera concordante y transicional a la Formación La Virgen.
- f) Edad: La Formación Cupido es asignada en general al intervalo Hauteriviano-Barremiano (Marmissolle-Daguerre, 1984, p.1-4). En el área de estudio dos de los pozos analizados incluyeron fauna indicadora de edad. Para el pozo Travertino-1 , núcleos 6 y 7 , los estudios realizados por PEMEX indicaron una edad Barremiano?-Hauteriviano. La investigación del pozo Polvorín-1 , indicó Aptiano Temprano para el núcleo 7 , Barremiano-Hauteriviano para los núcleos 8 , 9 y 10 , y Hauteriviano Temprano para el núcleo 12.

2.2.2 FORMACION LA PEÑA

- a) Definición: Imlay (1936,p.1119) definió a la Formación La Peña como "... las porciones media y baja de las calizas formadoras de montaña , expuestas en la sierra de Parras , descansando estratigráficamente entre la Formación Parritas (abajo) y la caliza Aurora (arriba)". Este autor indica que la mayoría de las secciones contienen pequeñas cantidades de lodolita , aunque en algunos casos esa roca constituye cerca de un tercio del espesor total. Imlay designó al flanco norte de la sierra de Faraises , unas 3 millas al este-sureste de la hacienda La Peña , como localidad tipo.

Imlay (1936,pp.1119-1121) dividió a la Formación La Peña en dos miembros. El inferior , de aproximadamente 1400 pies de espesor , consiste de calizas de estratificación media de color gris claro a gris oscuro , con algunas partes margosas. El miembro superior está formado por un espesor de 50 a 80 pies de calizas de estratificación delgada y lutitas.

Humphrey (1949,p.103) propuso que la Formación La Peña quedara limitada al miembro superior de la descripción de Imlay , resultando de esta manera que La Peña es un excelente índice cronoestratigráfico y litoestratigráfico. El miembro inferior de la descripción de Imlay quedó entonces integrado a la Caliza Cupido.

- b) Litología: La litología de la Formación La Peña consiste de dos porciones geográficamente discernibles. En la parte noroeste dicha formación está constituida por calizas , calizas lodosas , lodolitas calcáreas y lodolitas con pequeñas intercalaciones de arenisca y arenisca calcárea. Las calizas se componen de una combinación de mudstone , wackestone , packstone y grainstone. Entre los aloquímicos , a excepción de los fósiles , predominan los bioclastos , que son acompañados por pequeñas cantidades de pelets y oolitos.

En la parte sureste la Formación La Peña está constituida por lodolitas , lodolitas calcáreas y calizas lodosas , sin intercalaciones de arenisca. Las calizas son exclusivamente mudstone arcilloso , mientras que los aloquímicos consisten de escasos bioclastos , sin incluir a los fósiles. El au-

mento en el contenido de lodo terrígeno hacia el sureste es evidente (Fig. 4).

- c) Espegor: En los pozos estudiados el espesor de la Formación La Peña fluctuó entre 178 m y 122 m. Este adelgazamiento sigue una tendencia de noroeste a sureste.
- d) Fósiles: Las identificaciones de microfauna fueron efectuadas por personal de PEMEX, y las de macro- y microfauna por personal del IMP. Ellos encontraron una amplia variedad fósilífera incluyendo miliólidos, textuláridos, foraminíferos de formas trocospirales, fragmentos de equinodermos, ostrácos, gasterópodos, serpúlidos, algas calcáreas, amonitas, pelecípodos, radiolarios, cocolitos, calcisférulas, globígerínidos, nanoconus, briozoarios, espículas de esponjas y cadocinas.

Los foraminíferos bentónicos se presentan en algunos pozos de la porción noroeste, mientras que las formas planctónicas como son los globígerínidos, radiolarios, amonitas, calcisférulas y cocolitos, predominan en la porción sureste. Los fragmentos de moluscos y equinodermos están presentes en toda la zona analizada.

- e) Contactos formacionales: De acuerdo con los informes de los pozos, en la localidad de Piedras Negras el contacto entre las Formaciones Cupido y La Peña es brusco y concordante, mientras que el contacto de La Peña con Glen Rose también es concordante pero transicional.
- f) Edad: Como ya se mencionó, la Formación La Peña fue depositada durante el Aptiano, en un intervalo de únicamente 3.5 millones de años (Tinker y Wilson, op. cit.).

La única edad relativa de la Formación La Peña en el área de estudio fue determinada por PEMEX y el IMP para los núcleos 5 y 6 del pozo Polvorín-1. En el núcleo 5 se encontraron Nannoconus elongatus, Nannoconus globulus, Nannoconus minutus, Nannoconus wassalli y abundantes amonitas del género Parahoplites. En el núcleo 6 fueron identificadas Rhaxella sorbyana y la amonita Kasankyella sp. La edad reportada para dichos núcleos es Aptiano Tardío.

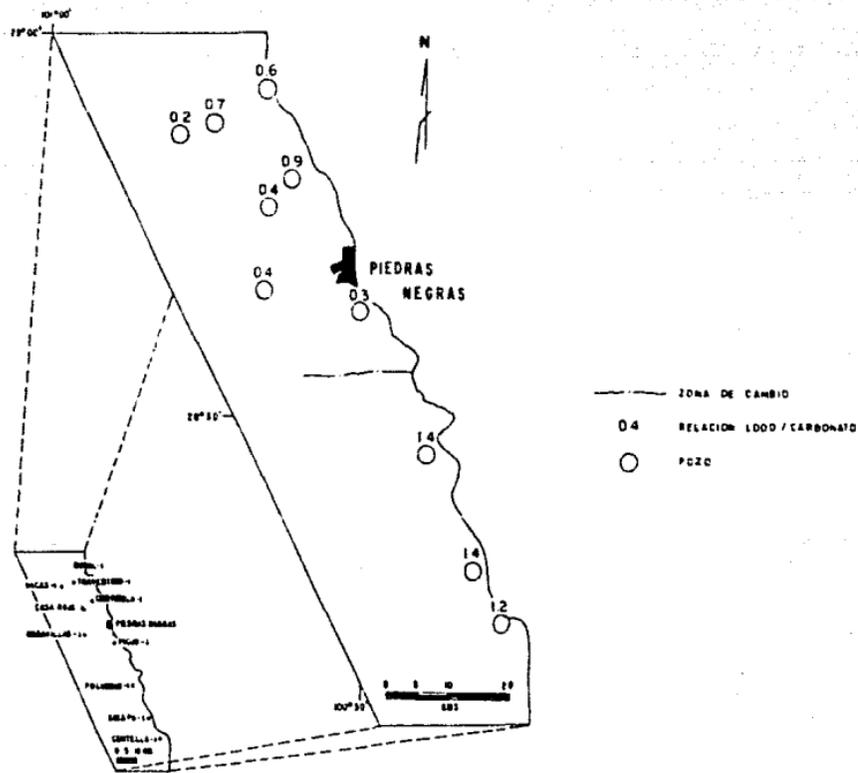


FIG. 4 DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LA RELACION LODO/CARBONATO PARA LA FORMACION LA PEÑA.
 NOTESE QUE LOS MAXIMOS VALORES SE PRESENTAN EN LA PARTE SURESTE DEL AREA DE ESTUDIO.

2.2.3 FORMACION GLEN ROSE

a) Definición: Hill (1891, pp.504-509) estudió la Serie Comanche en la región de Texas-Arkansas. El menciona que dicha serie también se extiende a la provincia de California-Utah , a Nuevo México , Texas , y luego hacia el sur "indefinidamente" a México. La Serie Comanche fue diferenciada por Hill (op. cit., p.504) en tres divisiones constituidas por once unidades que pueden ser equivalentes a unidades litoestratigráficas en el sentido actual. Esas divisiones son Trinity , Fredericksburg (o Comanche Peak) y Washita (o Indian Territory) , de la más antigua a la más reciente. La división Trinity se compone de dos unidades que son las Arenas Trinity (o Arenas Basales) y las capas Glen Rose (o "capas alternantes").

Hill (op. cit., p.509) indica que las capas Glen Rose tienen una posición distintiva de la división Fredericksburg, aunque ellas no están separadas por ninguna discordancia estructural. La composición litológica de las capas Glen Rose fue vagamente definida por Hill (op. cit., pp.507-508) como "capas suaves , amarillas , fosilíferas y magnesianas , silíceas en la base , alternantes ... con arena argilícea sumamente fina , con ocasionales estratos dimensionales de calizas cristalinas casi puras , greda , calizas magnesianas , frecuentementeoolíticas en estructura ... "

b) Litología: En los pozos estudiados la Formación Glen Rose está constituida básicamente por mudstone con intercalaciones frecuentes de wackestone y packstone, con pequeña cantidad de grainstone. El único pozo que se aparte notablemente de esta descripción general es el pozo Kikapó-1 , en donde los primeros 80 m de Glen Rose están formados por una alternancia de mudstone y mudstone arcilloso , pero los 518 m restantes están constituidos principalmente por wackestone con intercalaciones de packstone en algunas porciones y muy escaso grainstone , mudstone y mudstone dolomitizado. También se encontraron estratos de dolomía , lutita , yeso , mudstone dolomitizado , mudstone arcilloso , mudstone anhidrítico , mudstone arenoso y arenisca. La distribución de estas litologías es restringida y discontinua tanto lateral como verticalmente. En

el pozo Maravillas-1 , el núcleo 1 (1645-1653 m.b.m.r.) , localizado casi a la mitad de la Formación Glen Rose , consiste de un boundstone bioclástico con rudistas , algas y corales , de color pardo a crema.

De acuerdo con los informes finales de los pozos , los aloquímicos , excepto fósiles , consisten de bioclastos , pelets y oolitos , en ese orden de abundancia. Los únicos pozos donde no se observaron oolitos fueron el Kikapú-1 y el Centella-1 , en el extremo sureste del área.

En todos los pozos los bioclastos se presentan en casi todo el espesor de Glen Rose. Los pelets también son comunes en la mayor parte de la formación , mientras que los oolitos se presentan bien distribuidos en los pozos Centinela-1 y Casa Roja-1 , en el noroeste del área , y en la porción inferior de Glen Rose , en los pozos Moral-1 , Travertino-1 y Vaca-1 , también en el extremo noroeste.

- c) Espesor: En los pozos de la zona analizada la Formación Glen Rose tiene espesores aparentes que van de 547 m a 723 m , sin una tendencia evidente a disminuir o aumentar en una dirección definida.
- d) Fósiles: Los fósiles incluyen miliólidos , textuláridos , foraminíferos de formas trocospirales , orbitolinas , ostrácos , pelecípodos , gasterópodos , amonitas , fragmentos de equinodermos y moluscos , corales , rudistas , algas calcáreas , serpúlidos , globigerínidos , calcisférulas , radiolarios , cocolitos y cadocinas.

Los intervalos con miliólidos son más abundantes que los intervalos con microfósiles planctónicos , aunque en los pozos Travertino-1 , Polvorín-1 y Kikapú-1 la descripción del contenido fósil a lo largo de la Formación Glen Rose es sumamente discontinua.

Una ligera tendencia en el aumento de organismos planctónicos tales como globigerínidos , calcisférulas , radiolarios , cocolitos y cadocinas , se observa hacia las porciones centro y sureste del área , en la parte inferior de la formación , en particular en los pozos Piojo-1 y Centella-1.

- e) Contactos formacionales: En el área de estudio el contacto in

ferior , con la Formación La Peña , es transicional y concordante. De acuerdo con los informes de PEMEX el contacto superior de Glen Rose es transicional y concordante con la Formación Edwards , mientras que Pedrazzini et al. (op. cit.,Fig. 2) indican que el contacto es con las formaciones Devils River y Telephone Canyon , con un cambio lateral a Tamaulipas Superior.

- f) Edad: La edad indicada tanto por PEMEX como por Pedrazzini et al. (op. cit.,Fig.2) , es Albiano Temprano , aunque Pedrazzini et al. indican una disminución en el rango geocronológico de esta formación en dirección al sureste , ya que se acuña con Tamaulipas Superior.

Pedrazzini et al. (op. cit.,pp.18 y 20) situaron la cima de Glen Rose mediante la última aparición de Coloniella recta , y por la agrupación fosilífera de Favusella washitensis , F. hiltermanni , Stomiasphaera sphaerica y Calcisphaerula innominata.

2.3 AMBIENTES DE DEPOSITO

Se estudiaron los ambientes de depósito de las Formaciones Cupido , La Peña y Glen Rose en cada uno de los pozos analizados , mediante la composición litológica y aloquímicos (incluyendo el contenido fósil) descritos en los informes de PEMEX. Para definir los ambientes sedimentarios se utilizó el modelo general de plataforma carbonatada , propuesto por Selley (1985,p. 192).

Como se aprecia en la descripción de la Formación Cupido , ella está constituida por una alternancia de mudstone , wackestone , packstone y grainstone con miliólidos , bioclastos , oolitos y pellets frecuentes , además de dos pozos en los que se presentan calizas con evaporitas. De aquí se deduce que la Formación Cupido en el área de estudio fue depositada en un ambiente de inframarea somera o lagunar.

La Formación La Peña tiene características litológicas más variadas que la Formación Cupido. En La Peña se distinguen dos porciones geográficas, una al noroeste y otra al sureste. La porción noroeste, es menos arcillosa y más carbonatada que la otra, además de que contiene pequeñas cantidades de arenisca que pueden indicar influencia terrígena procedente de una área positiva. Los aloquímicos que predominan en el noroeste son los bioclastos, con pequeñas cantidades de pelets y oolitos, mientras que en el sureste sólo existen escasos bioclastos. La distribución de los tipos de fósiles es consistente con la distribución de la litología y los otros aloquímicos, ya que los foraminíferos bentónicos se presentan en algunos pozos del noroeste, mientras que las formas planctónicas predominan en el sureste (Tabla 3).

Lo anterior indica la presencia de zonas someras, aquí interpretadas como de inframarea somera o lagunares, para la Formación La Peña desde el extremo noroeste del área de estudio hasta un poco más al sur de Piedras Negras. Esta zona abarca los pozos Moral-1, Travertino-1, Vacas-1, Centinela-1, Casa Roja-1 y Maravillas-1. Al sur de este último pozo la Formación La Peña se torna de ambientes más profundos, interpretados aquí como de inframarea profunda o plataforma externa. Esta zona más profunda abarca parte de la columna de La Peña en el pozo Pijo-1, localizado en la parte central del área, y toda la columna de dicha formación en los pozos Polvorín-1, Kikapú-1 y Centella-1, de la parte sureste.

La distribución de los ambientes sedimentarios de la Formación Glen Rose es similar a la distribución de los ambientes de La Peña. La predominancia de mudstone con bioclastos, pelets, oolitos y miliólidos comunes es evidente en los pozos del noroeste, desde el Moral-1 hasta el Maravillas-1, pero al igual que para la Formación La Peña, en el pozo Pijo-1 ocurre un cambio para la Formación Glen Rose. Aparentemente desde este último pozo, que como ya se dijo se encuentra en la parte central del área, hasta el Centella-1, localizado en el extremo sureste, la Glen Rose incluye una zona de inframarea profunda o plataforma externa en su porción inferior. Las evidencias de ello son escasas debido a que la descripción de los aloquímicos

TABLA 3:

INDICADORES AMBIENTALES DE LA FORMACION LA PEÑA EN EL AREA DE ESTUDIO.

POZO	PRESENCIA DE FORAMINIFEROS BENTONICOS	PRESENCIA DE ORGANISMOS PLANCTONICOS	ALOQUIMICOS PRESENTES	ARENISCA (%)	RELACION LODO/CaCO ₃
Moral-1	Si	No	Bioclastos Pelets	0.0	0.6
Travertino-1	Si	No	Bioclastos Pelets Oolitos	5.7	0.7
Vacas-1	No	No	Bioclastos Pelets Oolitos	6.5	0.2
Centinela-1	Si	No	Bioclastos	14.0	0.9
Casa Roja-1	No	No	Bioclastos Pelets Oolitos	4.4	0.4
Maravillas-1	No	Si	Bioclastos Pelets Oolitos	7.4	0.4
Piojo-1	Si	Si	Bioclastos	4.7	0.3
Polvorín-1	No	Si	Bioclastos	0.0	1.4
Kikapú-1	No	Si	-	0.0	1.4
Centella-1	No	Si	Bioclastos	0.0	1.2

NW
↑
SE

y fósiles en los informes correspondientes de PEMEX sólo incluyen globigerínidos , calcisférulas y algunos otros planctónicos en los pozos Piojo-1 y Centella-1 , mientras que en los pozos intermedios a estos (Polvorín-1 y Kikapú-1) no hay descripción de fósiles y aloquímicos para la parte inferior de Glen Rose.

El resto de la Formación Glen Rose en los pozos localizados al sur de Piedras Negras , incluye claras evidencias de que para esa zona dicha formación volvió a ser depositada en ambientes de inframarea somera o lagunares , al igual que en el noroeste siendo esto indicado principalmente por la presencia de miliólidos , bioclastos , pellets y algunos oolitos en la parte superior de la formación (pozos Piojo-1 , Polvorín-1 , Kikapú-1 y Centella-1).

En resumen se observa que los ambientes de depósito de la columna estudiada fueron de inframarea somera o lagunares desde el Hauteriviano hasta el Albiano Temprano en la parte noroeste del área , que incluye los pozos Moral-1 , Travertino-1 , Vacas-1 , Centinela-1 , Casa Roja-1 y Maravillas-1 (Figs. 5 a 10). En las partes centro y sureste del área , incluyendo los pozos Piojo-1 , Polvorín-1 , Kikapú-1 y Centella-1 , los ambientes fueron de inframarea somera desde el Hauteriviano hasta el Barremiano-Aptiano Temprano. Durante el período del Barremiano-Aptiano Temprano al inicio del Albiano , los ambientes se tornaron de inframarea profunda o plataforma externa. El resto del Albiano Temprano fue dominado nuevamente por los ambientes de inframarea somera o lagunares (Figs. 11 a 14).

La Fig. 15 muestra la geometría de los ambientes sedimentarios para las Formaciones Cupido , La Peña y Glen Rose , e incluye mapas ambientales de dichas unidades.

FORMACIONES PREY LITOLÓGICAS Y QUÍMICAS
(m.s.n.m.) Y UNAS (No.)

AMBIENTES DE DEPOSITO

ESCALA SIMBOLOGIA
VERTICAL

LOCALIZACION

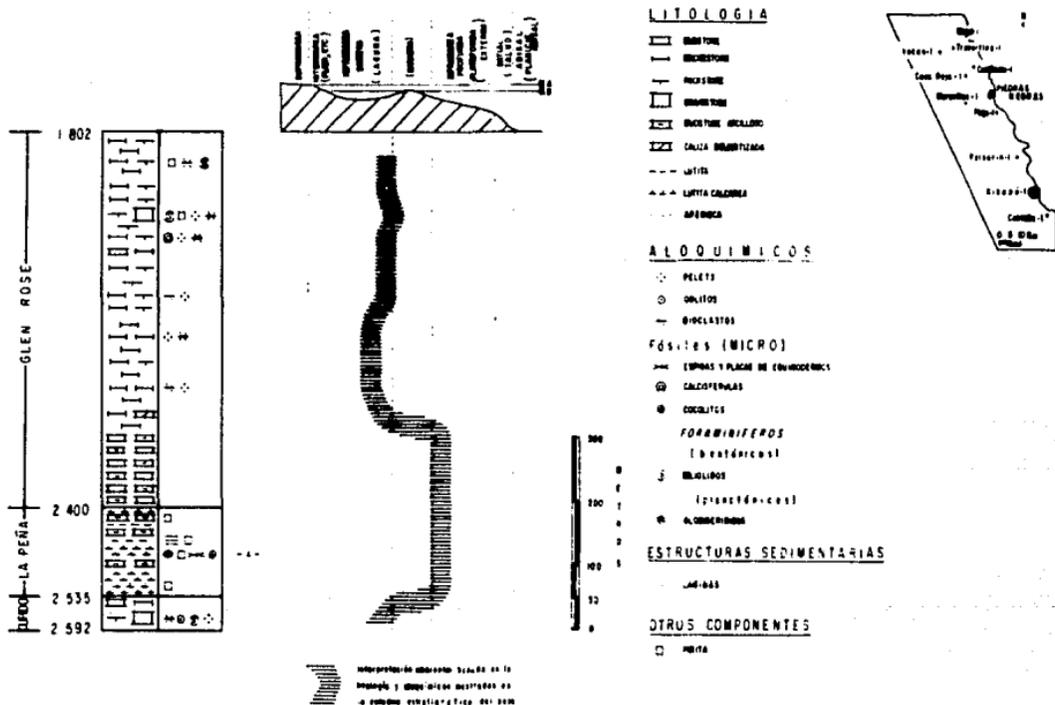


FIG. 13 INTERPRETACION AMBIENTAL DE LAS FORMACIONES CUPIDO, LA PEÑA Y GLEN ROSE EN EL POZO KINAPU-1. LITOLOGIA Y ALQUIMICOS RESUMIDOS DEL INFORME FINAL DEL POZO. MODELO GENERAL DE PLATAFORMA CARBONATADA SEGUN SELLEY (1985, P.192, CON ADAPTACIONES).

3. CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DE LA FORMACIÓN LA PEÑA

La caracterización de una roca como roca generadora potencial se utiliza para conocer las posibilidades de que esa roca haya producido aceite crudo o gas natural , e incluye el estudio de tres parámetros que son cantidad , calidad y madurez. Por "cantidad" se entiende la abundancia de materia orgánica que contiene la roca. Comúnmente se utiliza el porcentaje de carbono orgánico en la roca como indicador de la cantidad. Ese porcentaje de carbono orgánico normalmente se mide por medio de un analizador Leco de carbono orgánico (Grant Gross,1971, en Carver,pp.580-584 ; Waples,1985,p.84) o por medio de un Rock-Eval (Espitalié et al.,1977 ; Waples,op. cit.,p.85).

"Calidad" es el tipo o tipos de materia orgánica presentes en la roca. Los grupos generales de materia orgánica son algáceo , leñoso , herbáceo y carbonoso. La materia orgánica puede ser estudiada ópticamente mediante microscopía de contraste de fases de Zernike (Rodríguez,1983,p.30).

Por "madurez" se entiende el grado de alteración de la materia orgánica original debido al aumento de presión y temperatura dentro de la corteza terrestre , que puede producir la generación de hidrocarburos. El grado de madurez de la materia orgánica contenida en una roca puede medirse de manera directa o indirecta. Un método directo es la determinación del índice de alteración térmica (IAT) , la cual se hace utilizando luz transmitida (Staplin,1969, en Haseldonckx,1979,p.48 ; Demaison,1980, y Owens et al.,1981, en North,1985,pp.61 y 66). Un método indirecto es el cálculo del índice tiempo-temperatura (ITT) , el cual requiere únicamente de datos cronoestratigráficos y temperaturas del subsuelo (Waples,op. cit.,p.123).

A continuación se describen y analizan las características de cantidad , calidad y madurez de la Formación La Peña en el área de estudio , con el objeto de determinar su potencial petrolero actual.

3.1 CANTIDAD

Para la interpretación de los valores de carbono orgánico se han propuesto diversas escalas, una de las cuales se presenta en la Tabla 4. Se puede apreciar que dicha tabla presenta

TABLA 4:

INTERPRETACION DE VALORES DE CARBONO ORGANICO , SEGUN BELLO ET AL. (1988 , FIGS. 3.1 Y 3.4 , CON BASE EN DATOS DE KINGHORN , 1983).

CONTENIDO DE CARBONO ORGANICO (%)		CAPACIDAD GENERADORA
ROCAS CARBONATADAS	ROCAS TERRIGENAS	
≥ 2.00	≥ 2.00	Muy alta
1.00-1.99	1.50-1.99	Alta
0.60-0.99	1.00-1.49	Moderada
0.30-0.59	0.50-0.99	Baja
< 0.30	< 0.50	Muy baja

una escala para rocas carbonatadas y otra para rocas terrígenas, lo cual se debe a que las rocas carbonatadas generalmente contienen porcentajes menores de materia orgánica que las rocas terrígenas. Así, con el objeto de determinar cual de las dos escalas debe aplicarse, es necesario determinar primero si la roca o rocas estudiadas son carbonatadas o terrígenas.

El medio más adecuado para definir si una roca es terrígena o carbonatada es el estudio petrográfico. Sin embargo, algunas compañías dedicadas a la realización de servicios de geoquímica orgánica (CAASA, GeoChem Laboratories, p. ej.), iniciaron el uso del contenido de carbono mineral presente en la roca para determinar si la muestra era terrígena o carbonatada. No

obstante , Mason y Moore (1982,pp.152-155) indican que si se utiliza un diagrama ternario en donde los vértices representen 100% de SiO_2 , 100% de $(\text{Ca},\text{Mg})\text{CO}_3$ y 100% de $(\text{Al},\text{Fe})_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, la zona de las calizas y dolomías quedaría parcialmente traslapada con la zona de las areniscas y pedernales , así como con la zona de las rocas arciláceas.

Ello indica que las clasificaciones petrográficas no pueden coincidir exactamente con alguna clasificación química que sea propuesta. Por tal motivo la identificación petrográfica de algunos de los núcleos estudiados de la Formación La Peña , no coincide con la clasificación mediante el contenido de carbono mineral (Tabla 5). Con base en lo anterior , para definir si la roca en cuestión es carbonatada o terrígena y evaluar así el contenido de carbono orgánico , se utilizó exclusivamente la identificación petrográfica.

3.1.1 LITOLOGIA , AMBIENTES SEDIMENTARIOS Y CARBONO ORGANICO

Como se dijo en el capítulo 2 , para la Formación La Peña se diferenciaron dos zonas con base en la relación lodo/carbonato (Fig. 4). Es bien sabido que el contenido de carbono orgánico aumenta en las rocas más arcillosas a causa de que la disposición geométrica de los cristales de arcilla en el sedimento recientemente depositado , tiende a evitar la circulación del agua a través de los poros del sedimento , debido a lo cual la materia orgánica contenida en ellos no se oxida (Tissot y Welte,1984, pp.55-57). En el área de estudio las rocas con mayor contenido de carbono orgánico tienden a concentrarse en la porción sureste , ya que es allí en donde se presenta el mayor contenido de arcilla (Fig. 16).

La Tabla 3 presenta algunos indicadores ambientales de la Formación La Peña. En ella y en la Fig. 15-A se aprecia , como ya fue mencionado , que para dicha formación existieron una zona somera en el noroeste y otra profunda en el sureste. La asociación de los valores de carbono orgánico con el modelo de los ambientes de depósito para el área de Piedras Negras , muestran que las mayores cantidades de materia orgánica fueron depositadas y preservadas en la plataforma externa , más arcillosa (Fig.

TABLA 5:

IDENTIFICACION PETROGRAFICA E IDENTIFICACION QUIMICA (MEDIANTE EL CONTENIDO DE CARBONO MINERAL) DE ALGUNAS MUESTRAS DE NUCLEO DE LA FORMACION LA PEÑA. LA CLASIFICACION QUIMICA INDICA QUE LA ROCA ES TERRIGENA CON MENOS DE 6% DE CARBONO MINERAL , Y CARBONATADA CON 6% O MAS.

POZO	MUESTRA	ESTUDIO PETROGRAFICO	CARBONO MINERAL (%)	CLASIFICACION POR CARBONO MINERAL
Moral-1	N2;P.Sup.	Packstone-Grainstone.	10.48	Carbonatada
"	N2;P.Med.	Grainstone.	10.76	Carbonatada
Vacas-1	N2;P.Med.	Mudstone arcilloso parcialmente silicificado, incipientemente dolomitizado.	4.58	Terrígena
"	N2;P.Inf.	Mudstone arcilloso limoso, incip. dolomitizado.	4.86	Terrígena
Casa Roja-1	N3	Packstone-Grainstone.	11.10	Carbonatada
"	N3;P. 28	Packstone-Grainstone.	11.06	Carbonatada
"	N3;P.Med.	Mudstone-wackestone.	10.74	Carbonatada
"	N5;P.Sup.	Mudstone arcilloso incip. dolomitizado.	3.94	Terrígena
"	N5;P.Med.	Mudstone arcilloso.	2.48	Terrígena
"	N5;P.Inf.	Mudstone arcilloso limoso, incip. dolomitizado.	2.88	Terrígena
Piojo-1	N5;P.Sup.	Mudstone arcilloso carbonoso.	3.88	Terrígena
"	N5;P.Med.	Mudstone arcilloso con escaso limo.	5.66	Terrígena
"	N5;P.Inf.	Mudstone arcilloso carbonoso.	3.02	Terrígena
"	N8;P.Sup.	Mudstone arcilloso, escaso limo, incip. dolomit.	7.20	Carbonatada
"	N8;P.Med.	Mudstone arcilloso carbonoso.	7.16	Carbonatada
"	N8;P.Inf.	Mudstone arcilloso con escaso limo.	9.92	Carbonatada
Kikapú-1	N4;P.Sup.	Lutita ligeramente calcárea con escaso limo.	7.68	Carbonatada
"	N4;P.Inf.	Lutita limosa ligeramente calcárea.	8.40	Carbonatada

N=Núcleo
P=Parte

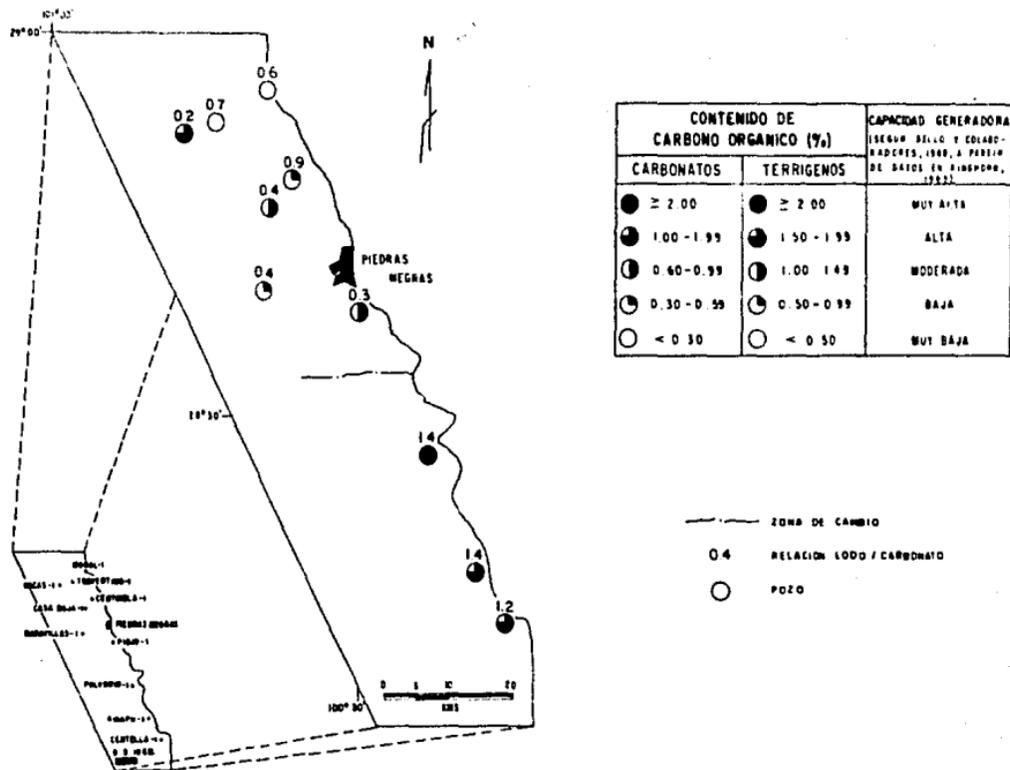


FIG. 16 MAPA DE DISTRIBUCION DE LA RELACION LODO/CARBONATO Y CONTENIDO DE CARBONO ORGANICO DE LA FORMACION LA PEÑA. LOS VALORES MAS ALTOS DE CARBONO ORGANICO TIENDEN A ASOCIARSE CON LOS VALORES MAYORES DE LODO/CARBONATO, Y VICEVERSA.

17). Una gráfica del contenido de carbono orgánico contra la abundancia de pirita esferoidal, cúbica y en grumos, presente en las láminas palinológicas estudiadas, indica que las muestras de las cuales se obtuvieron esas láminas, fueron depositadas en un ambiente con características euxínicas (Fig. 18).

3.1.2 MODELOS GENERALES DE DEPOSITO DE FACIES ORGANICAS

Se han reconocido 4 mecanismos capaces de generar anoxia (Waples, op. cit., pp.10-13, y Demaison y Moore, 1980) : A.- Eventos oceánicos anóxicos, B.- Cuencas anóxicas influenciadas por una barrera, C.- Capa anóxica causada por surgencias y D.- Lagos grandes anóxicos.

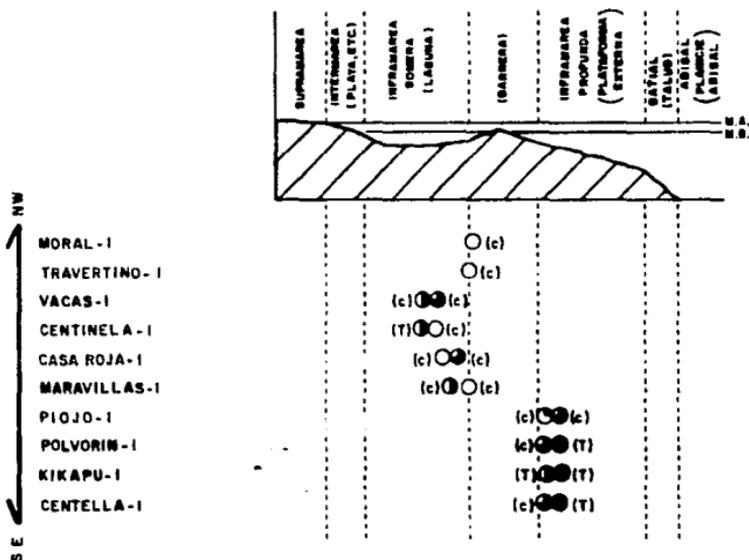
Los eventos oceánicos anóxicos, citados por Waples (op. cit., pp.10-12), se refieren a la presencia y expansión de la capa de oxígeno mínimo. Esta capa se forma en el océano entre 200 y 800 m de profundidad, a causa del asentamiento del plancton muerto hacia el fondo del mar. La oxidación de la materia orgánica que forma dicho plancton alcanza su nivel máximo cuando éste ha llegado a los 200 m, y termina de ocurrir a los 800 m, empobreciendo el agua de mar respecto a su contenido de oxígeno dentro de ese rango de profundidades.

En donde la capa de oxígeno mínimo toca al fondo marino, los sedimentos depositados son ricos en materia orgánica a causa de las condiciones reductoras. Esos sedimentos se depositan en la parte superior del talud continental (Fig. 19-A-1). Sin embargo, cuando eventualmente ocurre una transgresión, la capa de oxígeno mínimo se desplaza hacia arriba cubriendo parte de la plataforma continental. Especialmente la plataforma externa puede quedar cubierta por la capa de oxígeno mínimo (Fig. 19-A-2).

Otro mecanismo que puede generar anoxia es la presencia de una barrera que aísla a una cuenca marginal (Waples, op. cit., pp.11-12). La barrera puede ser somera o profunda. Si la cuenca es antecedida por una barrera somera, la estratificación del agua por densidad sucede cuando el fondo de la cuenca sobrepasa los 200 m de profundidad (aproximadamente), pues el intercambio de agua ocurre principalmente en las aguas superficiales, por el movimiento horizontal que se da por encima de la barrera.

POZOS

AMBIENTES DE DEPOSITO CON CARBONO ORGANICO



CONTENIDO DE CARBONO ORGANICO (%)		CAPACIDAD GENERADORA (según Belle y colaboradores, 1966, a partir de datos en Kinghorn, 1963).
(c) CARBONATOS	(T) TERRIGENOS	
● ≥ 2.00	● ≥ 2.00	MUY ALTA
● 1.00 - 0.99	● 1.50 - 1.99	ALTA
● 0.60 - 0.99	● 1.00 - 1.49	MODERADA
● 0.30 - 0.59	● 0.50 - 0.99	BAJA
○ < 0.30	○ < 0.50	MUY BAJA

NOTAS:

- LA DETERMINACION DE TERRIGENOS Y CARBONATOS ESTA BASADA EN ESTUDIOS PETROGRAFICOS REALIZADOS POR PEMEX.
- POR RAZONES DE ESCALA, LA UBICACION DE CADA MUESTRA EN EL MODELO GENERAL DE AMBIENTES DE DEPOSITO ES APROXIMADA.

FIG. 17 AMBIENTES DE DEPOSITO Y CONTENIDOS DE CARBONO ORGANICO, DE MUESTRAS DE NUCLEO DE LA FORMACION LA PEÑA. NOTESE QUE EL CARBONO ORGANICO AUMENTA DE NW A SE, QUE ES LA MISMA DIRECCION EN QUE LOS AMBIENTES SE TORNAN MAS PROFUNDOS.

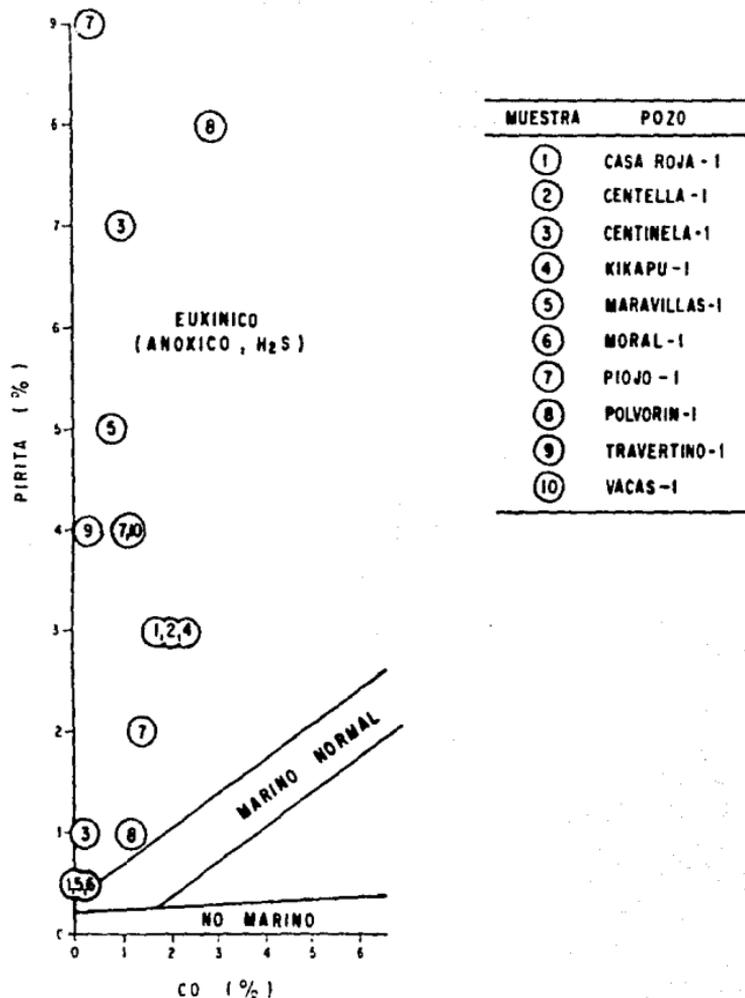
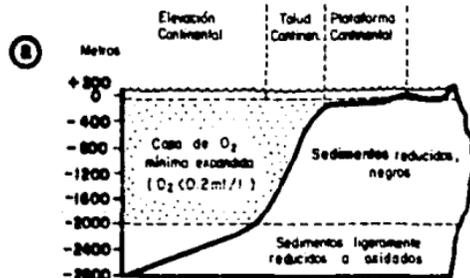
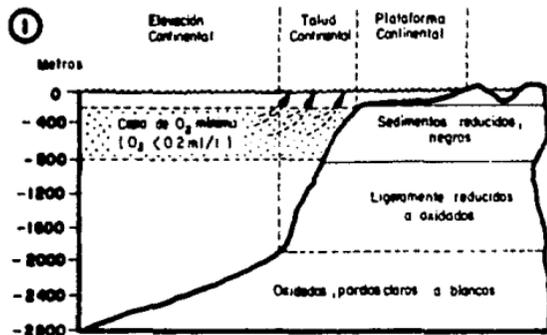


FIG. 1B CONTENIDOS DE PIRITA Y CARBONO ORGANICO (CO) EN MUESTRAS DE NUCLEO DE LA FORMACION LA PEÑA. NOTESE QUE LAS MUESTRAS FUERON DEPOSITADAS EN UN AMBIENTE EUXINICO. (MODIFICADO DE BERNER Y RAISWELL, 1983, EN WAPLES, 1985, P. 34)

A.. EVENTO OCEANICO ANOXICO (Según Woelke, 1985, p.11-12)



B.. CUENCAS ANOXICAS INFLUENCIADAS POR UNA BARRERA (Según Woelke, 1985, p.12-13)

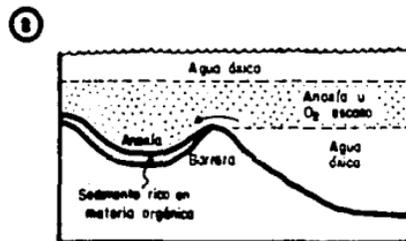
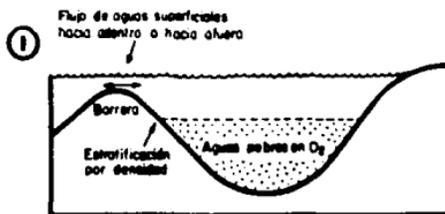


FIG. 19 MECANISMOS QUE PUEDEN ORIGINAR ANOXIA.

Debido a que no hay un buen mecanismo para llevar oxígeno a las aguas de la cuenca profunda, los sedimentos allí depositados se rán pobres en oxígeno (Fig. 19-B-1).

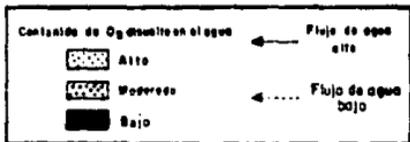
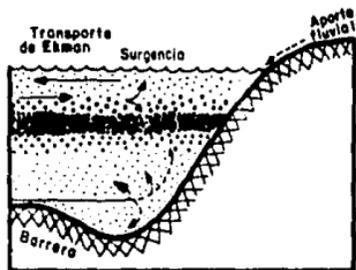
En el caso de una cuenca antecedida por una barrera profunda, dicha barrera intercepta a la capa de oxígeno mínimo. El movimiento horizontal de las aguas pobres en oxígeno sobre la barrera mantiene a los sedimentos profundos de la cuenca con un bajo contenido de oxígeno (Fig. 19-B-2).

El tercer mecanismo que genera anoxia es el de las surgencias (Waples, *op. cit.*, p.7). Este autor explica que las corrientes marinas polares ricas en nutrientes ascienden en los bordes continentales hasta la zona fótica para suplir a las masas de agua que han sido alejadas del continente a causa del transporte de Ekman. El contacto de las aguas polares ricas en nutrientes con la zona fótica suscita una alta productividad biológica. La anoxia se desarrolla en las aguas localizadas bajo la surgencia a causa del asentamiento de los organismos planctónicos muertos (Fig. 19-C).

Dowelson y Moore (*op. cit.*, pp.1187-1189) señalan que es posible la generación de anoxia en lagos de 500 km o más de largo y de cerca de 1 km de profundidad. Lagos de este tipo pueden producirse en zonas continentales afectadas por fisuramiento (rifting) inicial. La oxigenación de las aguas depende fundamentalmente del equilibrio entre la productividad planctónica de la zona somera, y la demanda de oxígeno en la zona profunda. El equilibrio planctónico puede ser afectado por el aporte de soluciones lixiviadas de la capa vegetal, las cuales son transportadas hasta el lago mediante los sistemas de drenaje fluvial. La abundancia de sustancias alcalinas propicia abundante mortalidad del plancton del lago, lo cual genera mayor demanda de oxígeno en las aguas profundas y condiciones adecuadas para la acumulación de sedimento anóxico en el fondo. El clima cálido tropical también contribuye al desarrollo de la anoxia debido a que evita el reciclado estacional del agua del lago (Fig. 19-D).

Como se vió anteriormente, la zona de plataforma externa de la Formación La Peña en el área de estudio fue depositada bajo condiciones de anoxia. De los mecanismos citados como productores de anoxia, es posible descartar los casos del lago anó

C.- CAPA ANOXICA CAUSADA POR SURGENCIA (según Waples, 1985, p.13)



D.- LAGOS GRANDES ANOXICOS (según Demaison y Moore, 1980, p.1188)

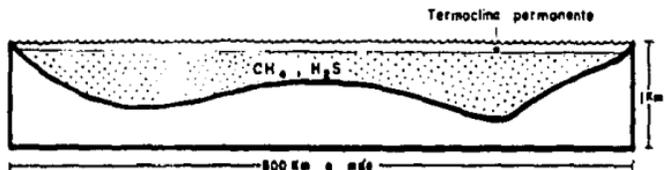


FIG. 19 MECANISMOS QUE PUEDEN ORIGINAR ANOXIA (Continuación).

xico , pues La Peña fue depositada en ambiente marino , y de la cuenca antecedida por una barrera , ya que no existen evidencias de la presencia de dicha barrera. De esa manera es muy probable que la Formación La Peña en la localidad estudiada haya sido parcialmente depositada bajo la influencia de surgencias , o bien bajo la influencia de la capa de oxígeno mínimo durante un período de transgresión.

La extensa distribución geográfica de la Formación La Peña (Cantú,1976,p.7) y de sus equivalentes Pearsall (Tinker y Wilson,1986,p.79) y Otates , así como sus contenidos moderados y altos de carbono orgánico en casi toda la cuenca de Sabinas (Rosales et al.,1988,p.13) , indican claramente que esta unidad debió ser depositada por un mecanismo capaz de propiciar una extensa anoxia. Las surgencias contribuyen actualmente al depósito de sedimentos ricos en materia orgánica sólo localmente , por lo que el mecanismo que tuvo mayores probabilidades de generar dicha anoxia durante el Aptiano es la capa de oxígeno mínimo en un evento transgresivo.

3.2 CALIDAD

Se han propuesto diversas tablas de correlación entre la materia orgánica original determinada ópticamente , los tipos de kerógeno definidos por medios físico-químicos (Rock-Eval) y los macerales también definidos ópticamente. Una de esas tablas de correlación , propuesta por el Instituto Francés del Petróleo , se utilizó a lo largo de este trabajo (Tabla 6) , con la finalidad de guiar los estudios de la materia orgánica de la Formación La Peña.

El estudio de la materia orgánica se efectuó mediante láminas palinológicas observadas en un microscopio de contraste de fases. Se distinguieron fragmentos de algas marinas , polen , esporas , fragmentos leñosos , fragmentos carbonosos de origen leñoso , y probables acritarcas y material herbáceo de origen marin

TABLA 6:

CUATRO TIPOS DE KEROGENO , LOS MACERALES QUE LOS INTEGRAN Y SUS PRECURSORES ORGANICOS (INSTITUTO FRANCÉS DEL PETROLEO, EN WAPLES, 1985, P.33).

MACERAL	TIPO DE KEROGENO	MATERIA ORGANICA ORIGINAL
Alginita	I	Algas de aguas dulces (ambiente lacustre).
Exinita	II	Polen y esporas.
Cutinita	II	Cutículas de plantas terrestres.
Resinita	II	Resinas de plantas terrestres.
Liptinita	II	Todos los lípidos de plantas terrestres y algas marinas.
Vitrinita	III	Material celulósico y leñoso de plantas terrestres.
Inertinita	IV	Material carbonoso de cualquier origen , altamente oxidado o retrabajado.

no. A continuación se describe la materia orgánica observada :

La materia algácea marina , que fue la más abundante , alcanzó hasta 35% , con un tamaño promedio de 23 micras y variando en un amplio rango desde 1 micra hasta 1963 micras. El polen y esporas fue sumamente escaso , presentándose en una sola muestra , del pozo Travertino-1 , donde apenas alcanzó 1% , con un tamaño promedio de 20 micras ; en otras muestras solo se registraron huellas. La materia leñosa estuvo presente desde huellas hasta en 6% ; los fragmentos leñosos midieron de 3 a 300 micras , con un tamaño promedio de 21 micras. El material carbonoso observado fue de origen leñoso ; su abundancia fue desde huellas hasta 6% , y se midieron tamaños de 3 a 303 micras , con 22 micras de tamaño promedio. La abundancia de los posibles acritarcas fue del 2% , con un tamaño promedio de 11 micras , en un rango de 6 a 15 micras. El probable material herbáceo de origen marino se presentó

desde huellas hasta un 2% , con 10 micras de tamaño promedio y variando desde 4 hasta 24 micras. Otros probables palinomorfos marinos fueron sumamente escasos y se presentaron en tamaños des de 39 a 312 micras.

La distribución geográfica de los tipos de materia orgánica es generalmente controlada por condiciones ambientales , principalmente físicas. Por ejemplo , la materia orgánica leñosa generalmente se concentra en ambientes continentales o en zonas de plataforma cercanas al continente (Jones y Demaison, 1981, p. 942) , mientras que en áreas de mar abierto la materia algácea marina tiende a ser más abundante. El área de estudio no es la excepción , y asociadas con rocas arenosas que contienen bioclastos , pelets , oolitos , foraminíferos bentónicos y pequeñas cantidades de lodo terrígeno , se presentan las mayores cantidades de materia leñosa. Mientras tanto , la materia algácea se agrupa predominantemente con rocas casi sin arena , muy arcillosas y que contienen fósiles planctónicos (Tabla 7). La Fig. 20 presenta lo anteriormente descrito en relación con el modelo de ambientes de depósito en el área de Piedras Negras para la Formación La Peña.

3.3 MADUREZ

Los parámetros de madurez que se emplearon para este trabajo fueron el índice de alteración térmica (IAT) y el índice tiempo-temperatura (ITT). El estudio del IAT se realizó en granos de polen , esporas y en material algáceo , de acuerdo con las indicaciones de Waples (1985, p.88). La mayor parte de las determinaciones de IAT se hicieron en material algáceo debido a que fue el más abundante , mientras que el polen y las esporas estuvieron presentes en cantidades muy pequeñas , mostrando el grupo de polen y esporas y el material algáceo similitud en su grado de alteración.

El grado de alteración de las partículas orgánicas depende fundamentalmente de sus componentes orgánicos. En una espora o

TABLA 7:

INDICADORES AMBIENTALES Y COMPONENTES ORGANICOS DE LA FORMACION LA PENA EN EL AREA DE ESTUDIO.

SE ↙ ↘ NW

POZO	PRESENCIA DE FORAMINIFEROS BENTONICOS	PRESENCIA DE ORGANISMOS PLANCTONICOS	ALOQUIMICOS PRESENTES	ARENISCA (%)	RELACION LODO/CaCO ₃	POLEN Y ESPORAS (%)	RELACION DE M.O. ALGACEA/LEÑOSA
Moral-1	Si	No	Bioclastos Pelets	0.0	0.6	0	1.0
Travertino-1	Si	No	Bioclastos Pelets Oolitos	5.7	0.7	1	0.7
Vacas-1	No	No	Bioclastos Pelets Oolitos	6.5	0.2	0	6.7
Centinela-1	Si	No	Bioclastos	14.0	0.9	Huellas	1.9
Casa Roja-1	No	No	Bioclastos Pelets Oolitos	4.4	0.4	0	3.0
Maravillas-1	No	Si	Bioclastos Pelets Oolitos	7.4	0.4	Huellas	3.4
Piojo-1	Si	Si	Bioclastos	4.7	0.3	Huellas	11.4
Polvorin-1	No	Si	Bioclastos	0.0	1.4	0	11.8
Kikapú-1	No	Si	-	0.0	1.4	0	12.5
Centella-1	No	Si	Bioclastos	0.0	1.2	0	17.5

grano de polen su exina (pared externa) está constituida por esporonina o esporopolenina , formada de sustancias lipídicas o ceras , haciéndola muy resistente a los ácidos , álcalis y oxidantes (Chateau-neuf,1974,p.8). Las algas están básicamente compuestas por lípidos (Tissot y Welte,1984,p.34) , los cuales son resistentes ante los agentes químicos y biológicos (Chateau-neuf, op. cit.). La materia leñosa está formada por celulosa y lignina (Tissot y Welte,op. cit.,p.32) , la lignina es difícilmente hidrolizable pero muy sensible a los agentes oxidantes (Chateau-neuf,op. cit.). Por tanto el grado de alteración del grupo polen-esporas y el de la materia algácea no puede ser comparable con el de la materia orgánica terrestre de origen húmico.

3.3.1 INDICE DE ALTERACION TERMICA

Para la determinación del IAT fue utilizada la carta de rangos de maduración propuesta por Demaison (1980, en North,op. cit.,p.66) , ya que dicha carta presenta una correlación precisa de los valores de IAT con los de reflectancia de vitrinita (Ro), así como con las ventanas de generación del aceite y del gas para diferentes tipos de materia orgánica (Fig. 21).

Los resultados del análisis del IAT para la Formación La Peña en la localidad de Piedras Negras fueron los siguientes. En los pozos de la porción noroeste , desde el Moral-1 hasta el Píojo-1 , se determinó un rango de IAT de 2.7 a 3.0 en material algácea y en polen y esporas. En la porción sureste del área , incluyendo los pozos desde Polvorín-1 al Centella-1 , el rango de IAT fue de 3.0 a 3.3 . Por tanto , de acuerdo a estos valores , la porción noroeste se haya dentro de la zona de expulsión del aceite , y la sureste dentro de la ventana del gas (Fig. 21).

La determinación de las profundidades a las que se localizan las ventanas de generación , fue realizada mediante un análisis estadístico de regresión lineal con datos de IAT de los pozos Travertino-1 , Píojo-1 , Kikapú-1 y Centella-1. Este análisis también fue hecho para determinar el espesor de la roca erosionada en el área de estudio , con el objeto de aplicar el método de Lopatin (ITT) y comparar estos resultados con los de IAT. Las Figuras 22 , 23 y 24 muestran los resultados del análisis.

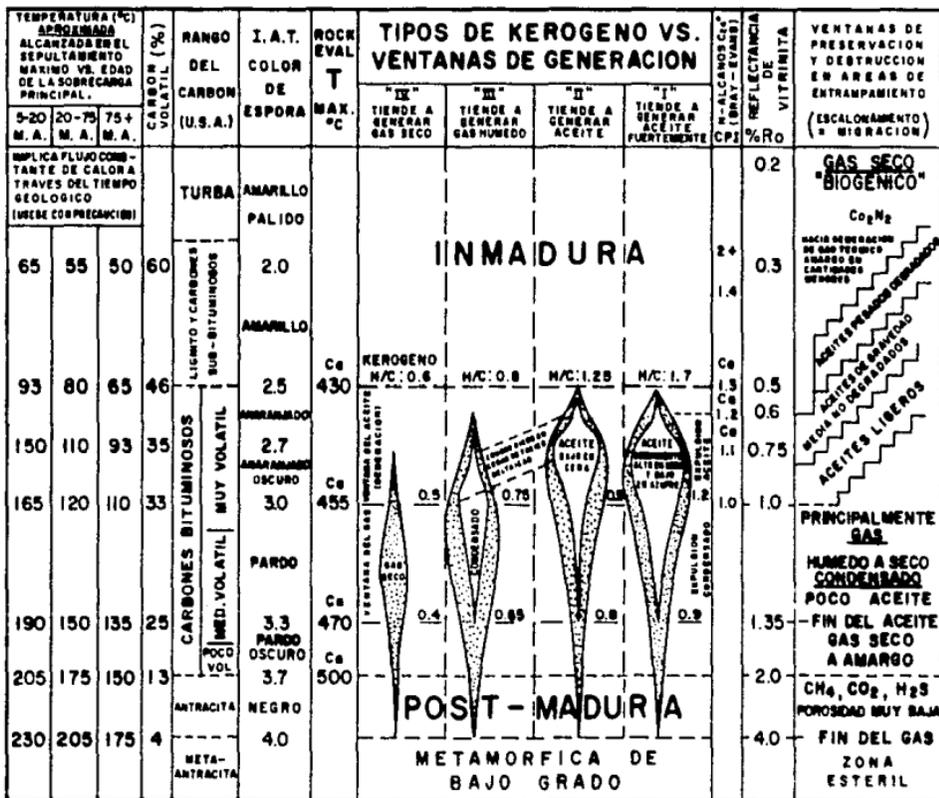
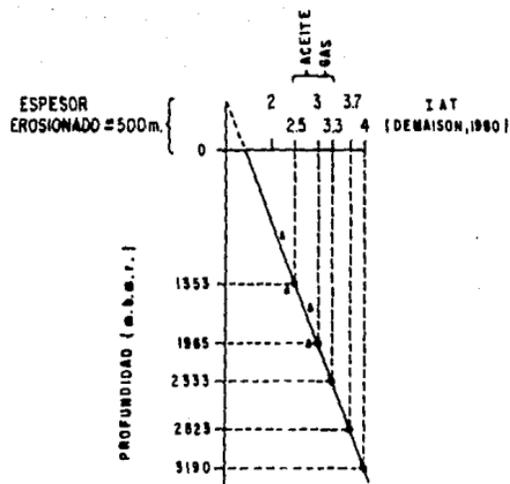


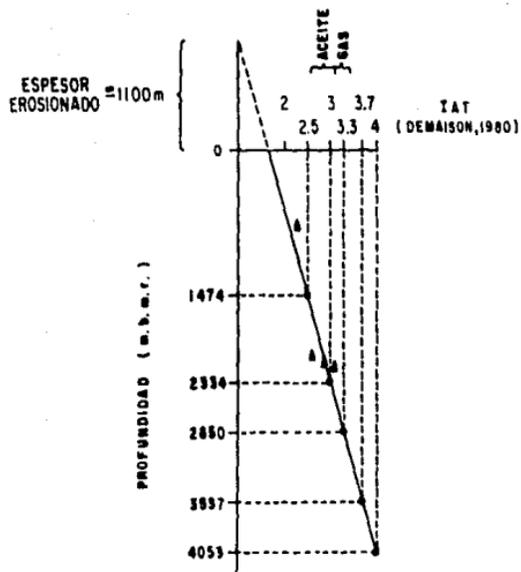
FIG. 21 CARTA DE RANGOS DE MADURACION (MODIFICADA DE DEMAISON, 1980,
EN NORTH, 1985, P. 66).



PROFUNDIDAD (m.b.m.r.)	IAT (DEMAISON, 1980)	VENTANAS DE GENERACION
		ZONA INMADURA
1353	2.5	VENTANA DEL ACEITE
1965	3.0	VENTANA DEL GAS
2333	3.3	GAS SECO
2823	3.7	CH ₄ , CO ₂ , H ₂ S
3190	4.0	ZONA ESTERIL

▲ MUESTRA DE LA QUE SE DETERMINO IAT (POLEN - ESPORAS Y/O ALGAS)

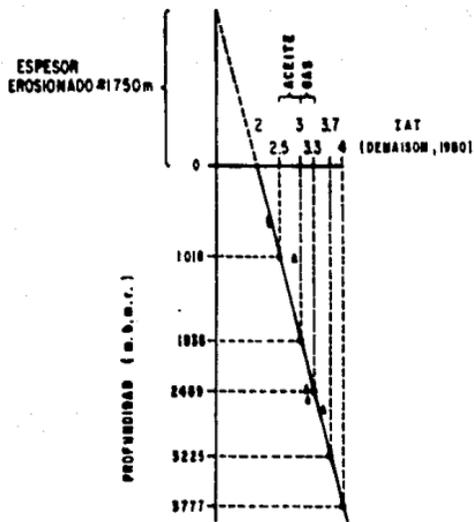
FIG. 22 PROFUNDIDADES DE LAS ZONAS GENERADORAS SEGUN ANALISIS DE REGRESION DE DATOS DE IAT DEL POZO TRAVERTINO - 1 . LA GRAFICA TAMBIEN MUESTRA EL ESPESOR EROSIONADO CALCULADO MEDIANTE LA PROLONGACION DE LA RECTA HASTA EL IAT = 1 .



PROFUNDIDAD (m.b.m.r.)	IAT (DEMAISON, 1980)	VENTANAS DE GENERACION
		ZONA INMADURA
— 1474 —	2.5	
— 2334 —	3.0	VENTANA DEL ACEITE
— 2850 —	3.3	VENTANA DEL GAS
— 3537 —	3.7	GAS SECO
— 4053 —	4.0	CH ₄ , CO ₂ , H ₂ S
		ZONA ESTERIL

▲ MUESTRA DE LA QUE SE DETERMINO IAT (POLEN - ESPORAS Y/O ALGAS)

FIG. 23 PROFUNDIDADES DE LAS ZONAS GENERADORAS SEGUN ANALISIS DE REGRESION DE DATOS DE IAT DEL POZO PIOJO -1. LA GRAFICA TAMBIEN MUESTRA EL ESPESOR EROSIONADO CALCULADO MEDIANTE LA PROLONGACION DE LA RECTA HASTA EL IAT = 1 .



PROFUNDIDAD (m.b.m.r.)	IAT (DEMAISON, 1980)	VENTANAS DE GENERACION
1018	2.5	ZONA INMADURA
1938	3.0	VENTANA DEL ACEITE
2489	3.3	VENTANA DEL GAS
3225	3.7	GAS SECO
3777	4.0	CH ₄ , CO ₂ , H ₂ O
		ZONA ESTERIL

- A MUESTRA DEL POZO CENTELLA - 1, DE LA QUE SE DETERMINO IAT (POLEN - ESPORAS Y/O ALGAS)
- A MUESTRA DEL POZO KIKAPU - 1, DE LA QUE SE DETERMINO IAT (POLEN - ESPORAS Y/O ALGAS)

FIG. 24 PROFUNDIDADES DE LAS ZONAS GENERADORAS SEGUN ANALISIS DE REGRESION DE DATOS DE IAT DE LOS POZOS CENTELLA - 1 Y KIKAPU - 1. LA GRAFICA TAMBIEN MUESTRA EL ESPEJOR EROSIONADO CALCULADO MEDIANTE LA PROLONGACION DE LA RECTA HASTA EL IAT = 1.

sis de regresión y cálculo de los espesores erosionados.

3.3.2 INDICE TIEMPO-TEMPERATURA

Para la construcción de los diagramas de sepultamiento y cálculo del ITT también fueron utilizados los modelos paleogeográficos propuestos por McBride y Caffey (1979) y Padilla (1986) (Figs. 2 y 3), con el objeto de determinar en forma aproximada el tiempo en que la región estudiada fue levantada hacia el continente. La rejilla de temperaturas usada en la construcción de los diagramas fue calculada con base en las temperaturas de fondo de los pozos respectivos, considerando como temperatura superficial la indicada por DETENAL (1981).

El diagrama de sepultamiento del pozo Travertino-1 (en la parte noroeste del área de estudio) indica que la Formación La Peña fue sepultada desde su depósito en el Aptiano hasta fines del Cretácico Tardío, tiempo en que alcanzó una temperatura aproximada de 80°C. A partir de entonces fue levantada hasta llegar hoy en día a la zona de entre 65° y 70°C. Como resultado, la Formación La Peña entró parcialmente a la ventana de generación del aceite durante el Mioceno, cuando ya estaba siendo levantada tectónicamente (Fig. 25).

El diagrama de sepultamiento del pozo Plojo-1 (en la parte centro del área) muestra que La Peña fue sepultada desde el tiempo de su depósito hasta un tiempo en el Cretácico Tardío muy cerca del límite con el Paleoceno, alcanzando entonces una temperatura de entre 100° y 110°C. Luego fue levantada por un movimiento orogénico hasta alcanzar en la actualidad una zona de aproximadamente 75°C. La Peña ingresó completamente a la ventana de generación del aceite durante el Paleoceno, permaneciendo de momento dentro de la zona de generación (Fig. 26).

El diagrama de sepultamiento del pozo Kikapú-1 (en la parte sureste del área) evidencia un sepultamiento continuo para la Formación La Peña desde el Aptiano hasta fines del Paleoceno, cuando una temperatura cerca de 135°C fue alcanzada. Desde ese tiempo al presente, ha sido levantada tectónicamente de manera ininterrumpida. La Peña entró a la zona de madurez durante el Paleoceno, cuando la subsidencia todavía continuaba y en la actua

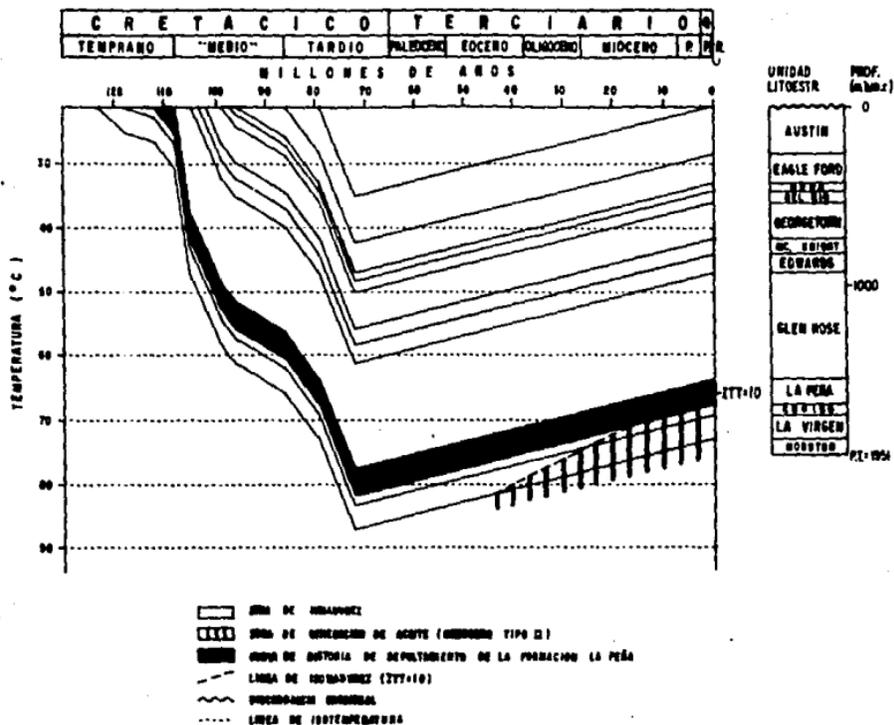


FIG. 25 DIAGRAMA DE HISTORIA DE SEPULTAMIENTO DEL POZO TRAVERTINO-1. LA EDAD DEL LEVANTAMIENTO OROGENICO ESTA BASADA EN DATOS TOMADOS DE McBRIDE Y CAFFEY, 1979, P. 24 (ver Fig. 2).

lidad se localiza muy cerca de la zona de generación del gas (Fig. 27).

Con base en lo anterior se tiene que , de acuerdo con el ITT , los tiempos de maduración en la zona abarcada por este trabajo van de más reciente a más antiguo en sentido de noroeste a sureste , registrándose los valores mayores de ITT en la parte sureste , donde el espesor erosionado también fue mayor , y los valores menores en la porción noroeste , donde el espesor erosionado fue menor.

3.3.3 COMPARACION DE LOS RESULTADOS DE IAT E ITT

La comparación de los resultados de IAT e ITT debe realizarse con base en las equivalencias de las escalas empleadas con respecto a la escala de Ro estandar. Es decir , que para que un valor de IAT o ITT tenga significado , debe estar referido a otro valor de la escala de Ro. La carta de rangos de madures propuesta por Demaison (op. cit., en North, op. cit., p.66) no correlaciona los valores de Ro con los de ITT. Por otra parte , Waples (op. cit., Tabla 8.5) correlaciona la escala de Ro con una escala de IAT propuesta por él , en la que no se indican los colores de madurez de la materia orgánica. Por tanto para poder correlacionar los valores de ITT calculados en los pozos Travertino-1 , Piojo-1 y Kikapú-1 , con los valores de IAT observados de los mismos pozos , fue necesario hacer la comparación a través de los valores de Temperatura Máxima de Pirólisis presentados respectivamente por Waples y Demaison. En la Tabla 8 se aprecia que para un kerógeno tipo II (algáceo) la ventana de generación de aceite se inicia con un ITT de 10 (Waples) y un IAT de 2.5 (Demaison). La ventana del gas empieza en un ITT de 75 e IAT de 3.0 y la destrucción del aceite comienza en un ITT de 180 y un IAT de 3.3.

Las profundidades a las que se localizan las ventanas de generación y destrucción de los hidrocarburos , fueron graficadas sobre una sección estructural de dirección NW-SE que incluyó los pozos Teotihuacán-1 , Travertino-1 , Centinela-1 , Piojo-1 , Polvorín-1 , Kikapú-1 , Centella-1 y Nigua-1 (Fig. 28). En dicha sección se aprecia que la tendencia de las zonas de generación

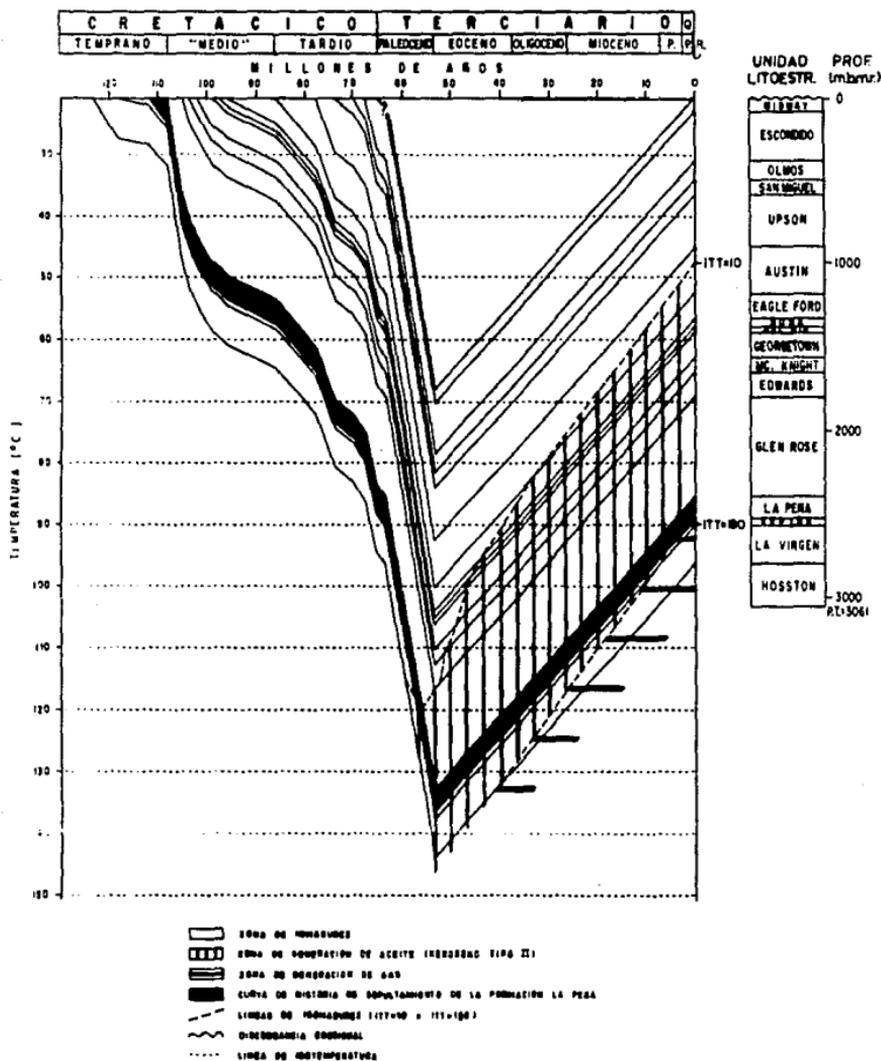


FIG. 27 DIAGRAMA DE HISTORIA DE SEPULTAMIENTO DEL POZO KIKAPU-1. LA EDAD DEL LEVANTAMIENTO OROGENICO ESTA BASADA EN DATOS TOMADOS DE PADILLA, 1966, P. 172 (ver Fig. 3).

TABLA 8:

CORRELACION DE LOS VALORES DE ITT PROPUESTOS POR WAPLES (1985) , CON LOS VALORES DE IAT PROPUESTOS POR DEMAISON (1980 , EN NORTH , 1985).

Waples			Demaison		
Ro	ITT	T.MAX. (°C)	T.MAX. (°C)	IAT	VENTANAS DE GENERACION Y DESTRUCCION
					Zona inmadura
0.5	3*,10**,15***	430	Ca 430	2.5	Ventana de generación del aceite
1.0	75	460	Ca 455	3.0	Ventana del gas
1.35	180	470	Ca 470	3.3	----(Destrucción del aceite)---- Gas seco
2.0	900	500	Ca 500	3.7	
4.0	23000	500+	(-)	4.0	----(Destrucción del gas)---- Zona metamórfica

- * Kerógeno altamente azufroso.
- ** Kerógeno tipo II.
- *** Kerógeno tipo III.

Ro=Reflectancia de vitrinita.
ITT=Indice tiempo-temperatura.
T.MAX.=Temperatura máxima de pirólisis.
IAT=Indice de alteración térmica.

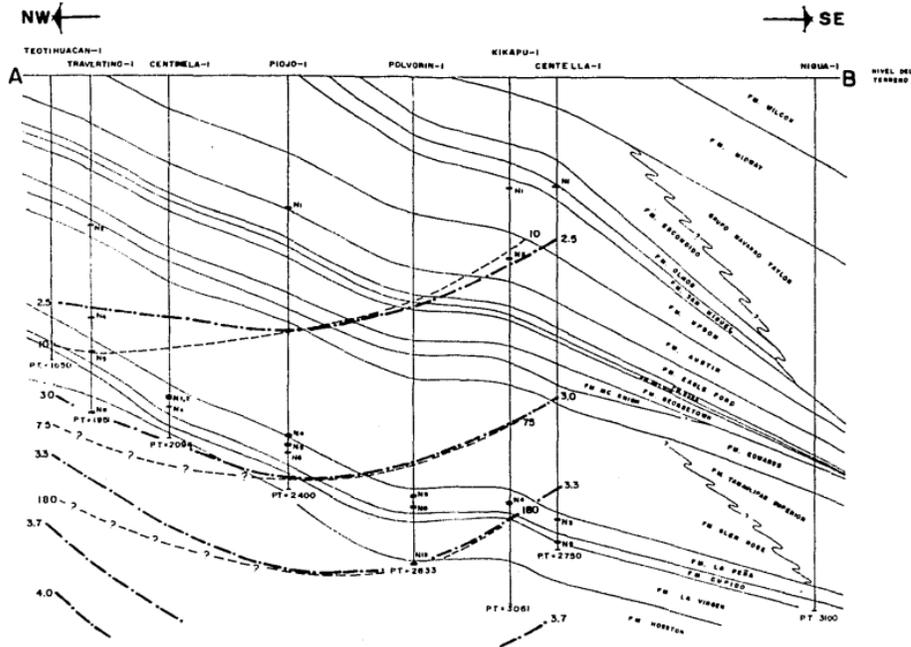


FIG. 26¹ SECCION ESTRUCTURAL Y LINEAS DE ISOMADUREZ (IAT • ITT). LA ZONA DE MADUREZ TIENDE A LEVANTARSE DE NW A SE, HACIA LA PARTE DE MAYOR CARGA SEDIMENTARIA.

R ₀	IAT (DEMAISON, 1980)	ITT (WAPLES, 1986)	VENTANAS DE GENERACION Y DESTRUCCION (Demaison, 1980)
0.50	2.5	10	ZONA INMADURA
1.00	3.0	75	VENTANA DE GENERACION DEL ACEITE
1.33	3.3	180	(Destrucción del aceite GAS SECO
2.00	3.7	800	ZONA POSTMADURA
4.00	4.0	23 000	(Destrucción del gas) ZONA METAMORFICA

SIMBOLOGIA

- CONTACTO ENTRE UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS
- CAMBIO LATERAL ENTRE UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS
- LINEA DE ISOMADUREZ SEGUN ANALISIS DE REGRESION DE IAT, DE LOS POZOS TRAVERTINO-I, PIZO-I Y KIKAPU-I—CENTELLA-I
- LINEA DE ISOMADUREZ SEGUN ITT ACUMULATIVO DE LOS POZOS TRAVERTINO-I, PIZO-I Y KIKAPU-I.
- NI MUESTRA DE NUCLEO Y NUMERO DE NUCLEO.



ESCALAS:

HORIZONTAL 1 : 500 000
VERTICAL 1 : 15 000

del aceite y del gas es hacia la superficie conforme aumenta el espesor erosionado , lo cual se explica porque a mayor carga sedimentaria debió existir mayor grado de madurez.

Waples (op. cit.,p.138) indica que la diferencia de profundidades de las ventanas de generación calculadas por diferentes métodos no debe exceder de 150 m. Esta proposición se cumple para los cálculos de ITT e IAT de los pozos Piojo-1 , Kikapú-1 y Centella-1 , pero no para el pozo Travertino-1. En este último pozo el inicio de la ventana del aceite se encuentra a 1353 m.b.m.r. de acuerdo con el IAT , y a 1611 m.b.m.r. de acuerdo con el ITT , lo cual significa una diferencia de profundidades de 258 m.

Esta diferencia puede tener varias causas. Una de ellas es la pequeña cantidad de muestras disponibles para la determinación del IAT. Para la realización de este tipo de estudio se debe contar con una muestra cada 0.5 m (N. V. Lopatin,1987,comunicación personal) o al menos cada 10 m (G. J. Demaison,1990,comunicación personal) a todo lo largo del pozo. La baja densidad de muestras pudo haber causado una desviación en los resultados del análisis estadístico de regresión lineal , mediante el que fueron situadas las ventanas de generación. Una desviación de esta naturaleza también pudo causar error en el cálculo de los espesores erosionados que se utilizaron en la construcción de los diagramas de sepultamiento.

Por otra parte , el método propuesto por Lopatin (ITT) presenta varios problemas de aplicación al área de estudio. Uno de ellos consiste en que dicho método no es aplicable a regiones que han sido afectadas por movimientos orogénicos (Tissot y Welte,1984,p.599) , pues las presiones ejercidas por esos movimientos tectónicos tienen una influencia clara sobre el grado de madurez de la materia orgánica (Ting,1981,en Brooks,pp.379-392). Además , en la construcción de la rejilla de temperaturas se consideró exclusivamente el gradiente geotérmico actual , en lugar de la historia térmica sobre la cual debió haber tenido influencia la Orogenia Laramide.

De cualquier forma , debe tomarse en cuenta que las profundidades de las ventanas de generación del aceite y del gas coincidieron en el pozo Kikapú-1 en un rango de 19 y 66 m respectivamente , mientras que en el pozo Piojo-1 la diferencia de pro

fundidad para el inicio de la ventana del aceite fue de tan solo 9 m .

3.4 POTENCIAL GENERADOR

A continuación se realiza una evaluación cualitativa de las partes de la Formación La Peña que pudieron haber generado hidrocarburos , con base en los datos de cantidad , calidad y ma durez anteriormente descritos.

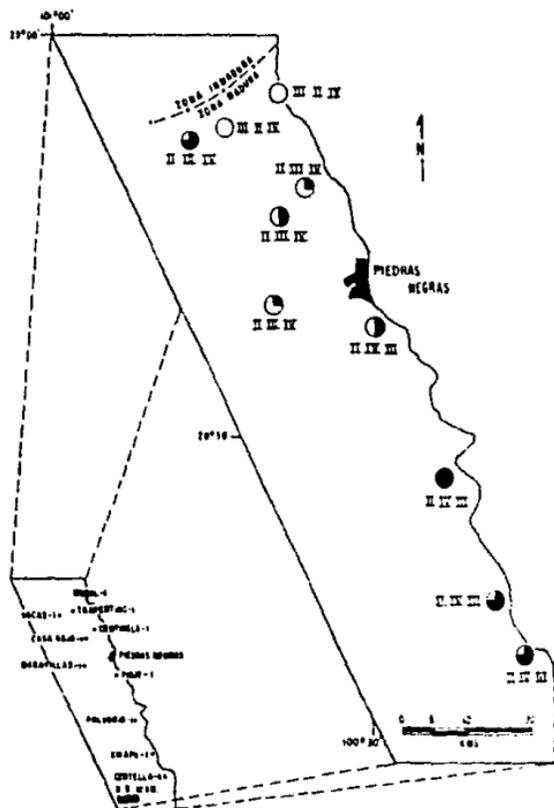
La cantidad de carbono orgánico en la zona estudiada indica que 8 de los 10 pozos petroleros presentan capacidades gen radoras desde bajas hasta muy altas. Unicamente dos pozos , el Moral-1 y Travertino-1 , localizados en el extremo noroeste , presentan capacidad generadora muy baja. Por tanto , en toda el área de estudio , excepto la porción en que se localizan los dos pozos citados , la Formación La Peña contiene suficiente materia orgánica para haber sido generadora.

En todos los pozos en donde existe capacidad generadora desde baja a muy alta , el tipo de materia orgánica más abundante fue el II (algácea) , seguido en orden de abundancia por el III (lefosa) o el IV (carbonosa) , lo cual sugiere que el produg to principal debió haber sido el aceite.

En todo el espacio ocupado por La Peña , esta entró en la zona de madurez , dentro de la ventana del aceite o del gas (Fig. 29).

Esto quiere decir que la Formación La Peña es roca gene radora potencial en casi toda el área , aunque no necesariamente sólo de aceite , pues como se ve en la Fig. 29 los tipos de mate ria orgánica son II , III y IV o II , IV y III , en orden de abundancia. De acuerdo con esos tipos de materia orgánica también pudo haber existido generación de gas y condensado.

North (1985,p.65) presenta un método útil para determinar el tipo de hidrocarburos generados a partir de una combinación de tipos de kerógeno. Dicho método emplea un diagrama de



CONTENIDO DE CARBONO ORGANICO (%)		CAPACIDAD GENERADORA SEGUN BELLO Y COLARCA-PARRALES, 1968, A PARTIR DE DATOS EN A. MARCAN, 1962
CARBONATOS	TERRIGENOS	
● ≥ 2.00	● ≥ 2.00	MUY ALTA
● 1.00 - 1.99	● 1.50 - 1.99	ALTA
◐ 0.60 - 0.99	◐ 1.00 - 1.49	MODERADA
◑ 0.30 - 0.59	◑ 0.50 - 0.99	BAJA
○ < 0.30	○ < 0.50	MUY BAJA

TIPOS DE KEROGENO	HIDROCARBUROS GENERADOS
II	PRINCIPALMENTE ACEITE
III	PRINCIPALMENTE CONDENSADO
IX	PRINCIPALMENTE GAS SECO

LIMITES PROBABLE DE LA ZONA GENERADORA, EN BASE A IAT

FIG. 29 MAPA DE CARBONO ORGANICO Y TIPOS DE KEROGENO DE LA FORMACION LA PEÑA. LA ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS TIPOS DE KEROGENO SE INDICA MEDIANTE EL ORDEN DE LOS SIMBOLOS II, III Y IX.

van Krevelen (Fig. 30) en combinación con la carta de rangos de maduración de Demaison (Fig. 21). Los valores calculados de la relación atómica hidrógeno/carbono para un kerógeno tipo II, variaron en el rango de 0.9 a 1.01 en la porción noroeste de la superficie abarcada por este trabajo, y de 0.9 a 0.81 en la porción sureste. Esto indica que la parte noroeste tiende a ser más generadora de aceite que la parte sureste, y de gas esta última (Fig. 31).

En resumen, la extensión cubierta por los pozos Vacas-1, Centinela-1, Casa Roja-1 y Maravillas-1 es una zona de capacidad generadora baja a moderada, propicia para generar aceite en mayor cantidad que condensado y gas, y que se localiza dentro de la ventana de generación del aceite. La superficie que comprende los pozos Maravillas-1, Piojo-1 y Polvorín-1 es de capacidad generadora moderada favorable para la generación de aceite en mayor cuantía que gas y condensado, y también se sitúa dentro de la ventana de generación del aceite. La zona de los pozos Polvorín-1, Kikapú-1 y Centella-1 es de capacidad generadora alta a muy alta, oportuna para la generación de aceite en mayor porción que gas y condensado, pero ubicada dentro de la ventana de generación del gas, por lo cual es principalmente generadora de gas, a diferencia de las otras áreas (Fig. 32).

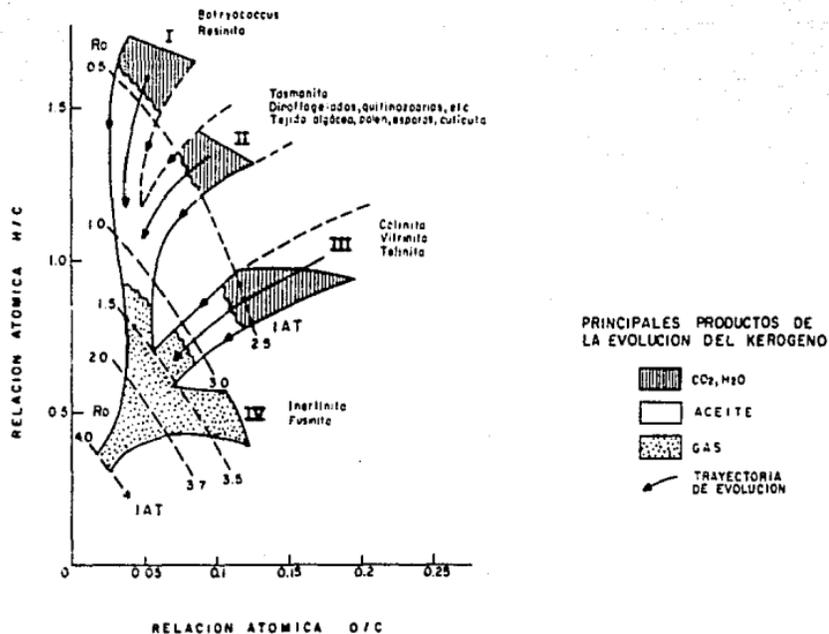
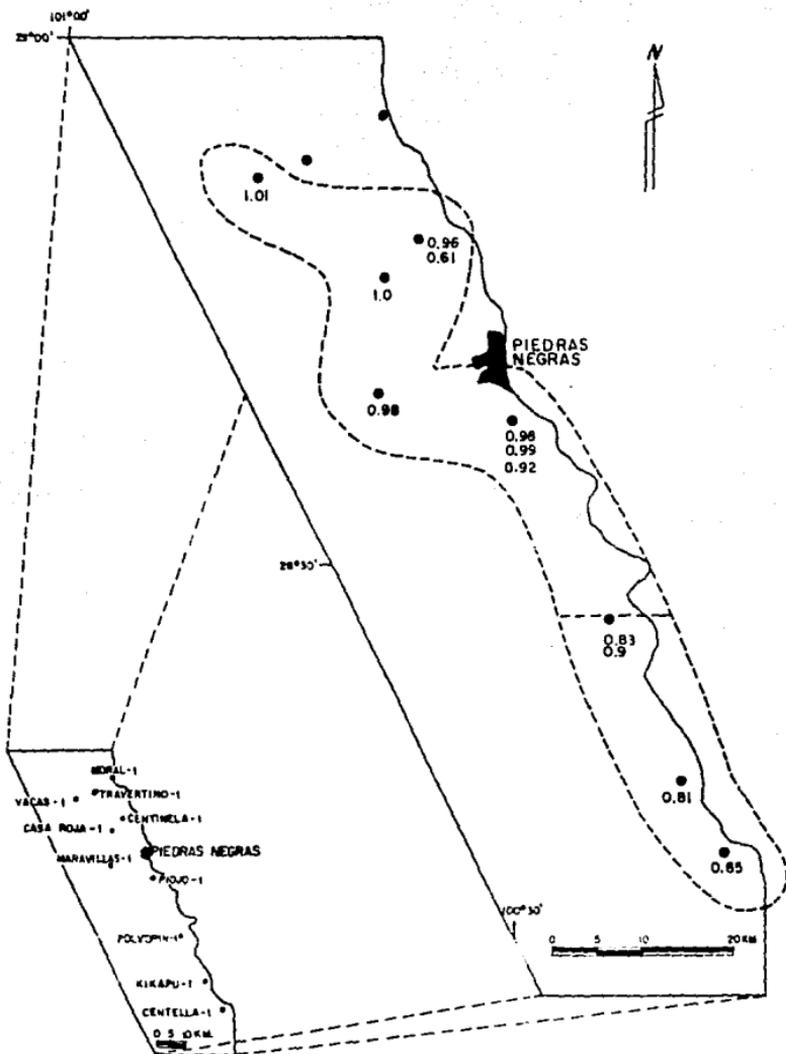


FIG.30 DIAGRAMA QUE MUESTRA LOS PRODUCTOS PRINCIPALES DE LA EVOLUCION DEL KEROGENO DE ACUERDO CON SU GRADO DE MADUREZ (Ro, IAT) Y LAS RELACIONES ATOMICAS H/C Y O/C (SEGUN JONES Y EDISON, 1978, EN NORTH, 1985, P.53).



16.31 DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LA RELACION ATOMICA HIDROGENO/ CARBONO PARA UN KEROGENO TIPO II, DETERMINADA SEGUN EL METODO PROPUESTO POR NORTH (1985), A PARTIR DE MUESTRAS DE NUCLEO DE LA FORMACION LA PEÑA. NOTESE QUE LOS VALORES DE 1.01 A 0.9 SE PRESENTAN EN LA PARTE NOROESTE Y LOS VALORES DE 0.9 A 0.81 EN LA PARTE SURESTE DEL AREA DE ESTUDIO.

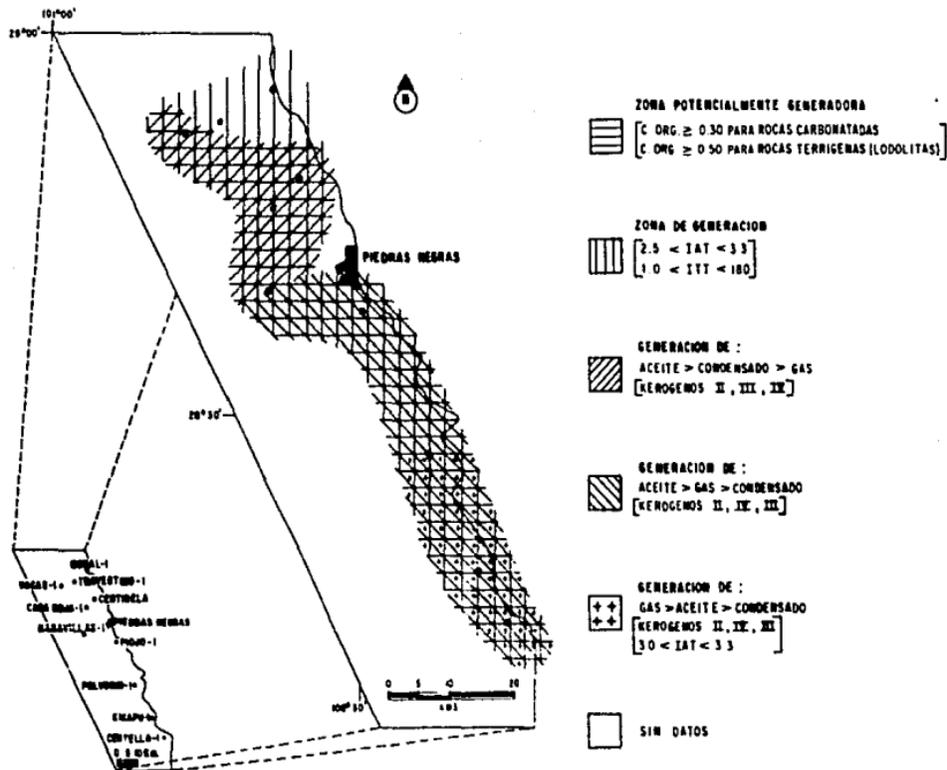


FIG. 32 MAPA DE COMBINACION DE LA ZONA DE MADUREZ CON LAS ZONAS POTENCIALMENTE GENERADORAS DE ACEITE, CONDENSADO Y GAS DE LA FORMACION LA PEÑA .

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- 4.1.1 En los pozos estudiados , la relación lodo/carbonato para la Formación La Peña es menor de 1.0 en la porción no roeste del área , y mayor de 1.0 en la porción sureste.
- 4.1.2 Se determinaron dos ambientes sedimentarios principales: inframarea somera (laguna) e inframarea profunda (plataforma externa) , probablemente con algunas zonas de barrera. La Formación Cupido mostró exclusivamente ambientes de inframarea somera , y probablemente de barrera , en toda la zona estudiada. La Formación La Peña presentó estos mismos ambientes en la parte noroeste , cambiando a inframarea profunda en la porción sureste. La Formación Glen Rose es de inframarea somera y barrera también en la porción noroeste mientras que en el sureste es de inframarea profunda en su parte inferior y de inframarea somera y barrera en su parte superior.
- 4.1.3 Para la Formación La Peña , los contenidos de carbono orgánico que van de muy bajos a moderados se asocian con valores menores de 1.0 de la relación lodo/carbonato , los cuales se presentan en el área de inframarea somera. Los valores de carbono orgánico que van de altos a muy altos se asocian con contenidos mayores de 1.0 de la relación lodo/carbonato , los cuales pertenecen a la porción de inframarea profunda. Estas asociaciones probablemente se deben a una transgresión marina ocurrida durante el Aptiano , que habría transportado a la capa de oxígeno mínimo sobre la plataforma continental.
- 4.1.4 En La Peña , la materia orgánica predominante es de tipo algáceo , con menores cantidades de materia leñosa , car

bonosa de origen leñoso , palinomorfos continentales (polen y esporas) y probables palinomorfos marinos (material herbáceo y acritarcas , entre otros).

- 4.1.5 Se encontraron relaciones de materia orgánica algácea/leñosa para esta formación del Aptiano , de 0.7 a 6.7 en la zona de inframarea somera , y valores de 11.4 a 17.5 en la zona de inframarea profunda , lo cual se debe a la mayor influencia continental en la zona de inframarea somera y mayor influencia marina en la de inframarea profunda.
- 4.1.6 De acuerdo con los resultados de IAT la Formación La Peña entró a la zona de madurez en toda la región abarcada por este trabajo. En la porción noroeste se ha mantenido dentro de la ventana del aceite , mientras en la porción sureste entró a la ventana del gas. Desde el pozo Centella-1 y todavía más hacia el sureste , La Peña entró a la zona de destrucción del aceite. Esto se explica mediante la geología estructural de la localidad , cuya tendencia general es de buzamiento en sentido de NW a SE. El tiempo en que la Formación La Peña ingresó a la ventana de generación fue variable desde el Mioceno en el área del pozo Travertino-1 (NW) hasta el Paleoceno en el área del pozo Kikapú-1 (SE). Es decir que los tiempos de maduración van de más reciente a más antiguo en sentido de noroeste a sureste , que es el mismo sentido en que aumenta el espesor erosionado.
- 4.1.7 La Formación La Peña es roca generadora potencial en toda el área de estudio , excepto en los pozos Moral-1 y Travertino-1 (noroeste). La zona generadora potencial se divide en tres porciones: 1) La localidad de los pozos Vacas-1 , Centinela-1 , Casa Roja-1 y Maravillas-1 (desde Piedras Negras hacia el norte) , es una zona generadora de aceite en mayor cantidad que condensado y gas. 2) La zona de los pozos Maravillas-1 , Piojo-1 y Polvorín-1 (al sur de Piedras Negras) , es potencialmente generadora

ra de aceite en mayor cantidad que gas y condensado. 3) Finalmente , la extensión cubierta por los pozos Polvo rín-1 , Kikapú-1 y Centella-1 (aún más al sur de Piedras Negras) es propicia para la generación de aceite en mayor cantidad de gas y condensado , pero se localiza dentro de la ventana de generación del gas , por lo cual se considera principalmente generadora de gas que aceite y condensado.

4.2 RECOMENDACIONES

- 4.2.1 Afinar el valor de los espesores erosionados a través de un muestreo adecuado , sea el criterio empleado por Lopatin (1987) o el de Demaison (1990) , anteriormente referidos.
- 4.2.2 Determinar la distribución geográfica de los tiempos de generación de la Formación La Peña , en la zona cubierta por este trabajo.
- 4.2.3 Desarrollo de un modelo cinético del kerógeno para la Formación La Peña en la localidad estudiada. Con el propósito de conocer la evolución de todos los tipos de materia orgánica existentes y proveer de una evaluación cuantitativa de los hidrocarburos generados , por ej. Tissot et al. (1987,pp.1462-1463).
- 4.2.4 Estudio de integración estructural y geoquímico en el área de estudio y sus alrededores , con la finalidad de conocer en tiempo y espacio las trampas formadas , siendo de interés aquéllas que se formaron antes de la Orogenia Laramide.
- 4.2.5 Comprobar que las rocas de la Formación La Peña generaron a partir del Mioceno en la porción noroeste del área hasta el Paleoceno en la porción sureste , por medio de

un análisis de correlación aceite-roca generadora y gas-roca generadora , empleándose biomarcadores e isótopos.

BIBLIOGRAFIA

- 1 Aguilar, G. H. 1980. Informe final del pozo Centinela No. 1. Petr6leos Mexicanos (in6dito).
- 2 Aguilar, G. H. 1981. Informe final del pozo Vacas No. 1. Petr6leos Mexicanos (in6dito).
- 3 Aguilar, G. H. y A. Salas Z. 1981. Informe final del pozo Centella No. 1. Petr6leos Mexicanos (in6dito).
- 4 Bello, M. R., E. Rosales C., A. E. Mariscurrena G. y J. - Guardado C. 1988. Interpretaci6n de la informaci6n geoqu6mica de los campos del 6rea Coahuilco-Villahermosa (Etapa II). Instituto Mexicano - del Petr6leo (in6dito).
- 5 Cano, G. G. (Sin fecha). Informe final del pozo Maravillas No. 1. Petr6leos Mexicanos (in6dito).
- 6 Cant6, Ch. C. M. 1976. Estratigrafia de la Formaci6n La - Pea (Aptiano Superior) en el 6rea de Monterrey, N. L. . Revista del Instituto Mexicano del Petr6leo. V. 8, No. 4, pp. 7-16.
- 7 Cuevas, L. J. A. 1984. An6lisis de subsidencia e historia t6rmica en la Cuenca de Sabinas. Bolet6n de la - Sociedad Mexicana de Ge6logos Petroleros. V. 36, No. 2, pp. 56-100.
- 8 Chateaufneuf, J. J. per Y. Reyre. 1974. Elements de palynologie applications geologiques. Cours de troisi6me cycle en Sciences de la Terre donn6 au Laboratoire de Pal6ontologie de l'Universit6 de Gen6ve. 352p.
- 9 Demaison, G. J. and G. T. Moore. 1980. Anoxic environments and oil source bed genesis. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin. V. 64, No. 8, pp. 1179-1209.
- 10 DETENAL (actualmente INEGI). 1981. Carta de temperaturas medias anuales. Hoja Monterrey , escala 1:1 000 000. Secretar6a de Programaci6n y Presupuesto.

- 11 Espitalié, J., J. L. Laporte, M. Madec, F. Marquis, P. Leplat, J. Paulet, A. Boutefeu. 1977. Méthode rapide de caractérisation des roches mères, de leur potentiel pétrolier et de leur degré d'évolution. *Revue de l'Institut Français du Pétrole*. V. 32, No. 1, pp. 23-42.
- 12 Grant Gross, M. 1971. Analysis of carbonaceous organic matter in sediments and sedimentary rocks. In Carver, R. E. *Procedures in sedimentary petrology*. Wiley-Interscience, pp. 573-596.
- 13 Guzmán, J. A. (Sin fecna). Informe final del pozo Kikapú No. 1. *Petróleos Mexicanos* (inérito).
- 14 Haseldonckx, P. 1979. Relation of palynomorph colour and sedimentary organic matter to thermal maturation and hydrocarbon generating potential. Oil and gas origin. U.N. ESCAP/CCOP TECH. PUBLICATION. No. 6, pp. 41-53. (ABSTRACTS PETROLEUM. V. 20, No. 5, February 2, 1980).
- 15 Hill, R. T. 1891. The Comanche Series of the Texas-Arkansas region. *Bulletin of the Geological Society of America*. V. 2, May 5, pp. 503-528.
- 16 Humphrey, W. L. 1949. Geology of the Sierra de los Muertos area, Mexico (with descriptions of aptian cephalopods from the La Peña Formation. *Bulletin of the Geological Society of America*. V. 60, pp. 29-176.
- 17 Imlay, R. W. 1936. Evolution of the Coahuila Peninsula, Mexico. Part IV. Geology of the western part of the Sierra de Parras. *Bulletin of the Geological Society of America*. V. 47, pp. 1091-1152.
- 18 Imlay, R. W. 1937. Geology of the middle part of the Sierra de Parras, Coahuila, Mexico. *Bulletin of the Geological Society of America*. V. 48, pp. 587-630.
- 19 Jones, R. W. and G. J. Demaison. 1981. Organic matter characteristics near shelf-slope boundary. ANNU. AAPG-SEPM-EMD-DPA CONV. (San Francisco, 5/31/81 -6/3/81) AAP, 1981. Abstracts, *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*. V. 65, No. 5, p. 942, May 1981.

- 20 Kinghorn, R. R. F. 1983. An introduction to the physics and chemistry of petroleum. J. Wiley, 420 p.
- 21 Lavin, L. M. A. 1979. Informe final del pozo Moral No. 1. Petróleos Mexicanos (inédito).
- 22 Lavin, L. M. A. 1979. Informe final del pozo Piojo No. 1. Petróleos Mexicanos (inédito).
- 23 Marmissolle-Daguerre D. 1984. Evaluación de formaciones en México. Schlumberger. p. 1-4.
- 24 Mason, B. and C. B. Moore. 1962. Principles of geochemistry. John Wiley and Sons. Fourth edition. pp. 152-155.
- 25 McBride, E. F. and K. C. Caffey. 1979. Geologic report on Upper Cretaceous coal-bearing rocks Rio Escondido basin, Coahuila, Mexico. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Tomo XL, Nos. 1 y 2, pp. 21-45.
- 26 North, F. K. 1985. Petroleum Geology. Allen and Unwin. Boston. 607 p.
- 27 Padilla, y S. R. J. 1986. Post-Paleozoic Tectonics of Northeast Mexico and its role in the evolution of the Gulf of Mexico. Geofísica Internacional. V. 25, No. 1, pp. 157-206.
- 28 Pedrazzini, N. C., M. A. Basañez L. y M. Hernández G. 1979. Estudio estratigráfico-sedimentológico de rocas sedimentarias del Albiano-Cenomaniano en Piedras Negras, Coahuila. Instituto Mexicano del Petróleo (inédito).
- 29 Perez, R. H. 1974. Informe final del pozo Polvorín No. 1. Petróleos Mexicanos (inédito).
- 30 Perez, R. H. 1974. Informe final del pozo Travertino No. 1. Petróleos Mexicanos (inédito).
- 31 Raisz, E. 1959. Landforms of Mexico. Geography Branch of the Office of Naval Research. Cambridge, Mass.

- 32 Rodríguez, B. J. L. 1983. Estudio palinoestratigráfico de las formaciones paleozoicas Tinú Santiago e Ixtaltepec, de la región de Nochixtlán, Oaxaca. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura. Tesis profesional.
- 33 Romero, I. Ma. A. y Ma. de los A. Hernández J. 1986. Estudio geoquímico en muestras de aceite y roca del área Piedras Negras - Presa Falcón. Instituto Mexicano del Petróleo (inédito).
- 34 Rosales, C. E., R. Bello M., J. Guardado C., Ma. de los A. Hernández J., E. Mariscurrena G. y F. Roig S. 1988. Estudio geoquímico y reinterpretación de la información geoquímica en el Golfo de Sabinas, Coahuila. Instituto Mexicano del Petróleo (inédito).
- 35 Ruiz, L. E. y D. Nieto C. 1986. Paleogeografía II - Cretácico Inferior. Petróleos Mexicanos (inédito).
- 36 Selley, R. C. 1985. Ancient sedimentary environments. Chapman and Hall. Third edition. p. 192.
- 37 Ting, F. T. C. 1981. Uniaxial and biaxial vitrinite reflectance models and their relationship to paleotectonics. In Brooks, J. Organic maturation studies and fossils fuel exploration. Academic Press, London. pp. 379-392.
- 38 Tinker, W. S. and J. Wilson L. 1986. Litoestratigrafía y bioestratigrafía de la Formación La Peña, Aptia no del Noreste de México y Sur de Texas. VIII Convención Geológica Nacional. Resúmenes, del 30 de julio al 1 de agosto, México D. F. pp. 79-80.
- 39 Tissot, B. P. and D. H. Welte. 1984. Petroleum formation and occurrence. Second edition. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York Tokyo. 699 p.
- 40 Tissot, B. P., R. Pelet and PH. Ungerer. 1987. Thermal history of sedimentary basin, maturation indices, and kinetics of oil and gas generation. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin. V. 71, No. 12, pp. 1445-1466.

- 41 Van Delinder, D. G. y N. Holguin Q. 1979. Estudio geoquímico de las rocas generadoras de la Cuenca de Sabinas. GeoChem Laboratories, Houston, Texas. V. 1.
- 42 Waples, D. W. 1985. Geochemistry in petroleum exploration. D. Reidel Publishing Company. International Human Resources Development Corporation, Boston. 232 p.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

APENDICE

TABLA I:

IDENTIFICACION PETROGRAFICA DE MUESTRAS DE ROCA DE LA FORMACION LA PEÑA DE LOS POZOS ESTUDIADOS.

POZO	NUCLEO Y PARTE	PROFUNDIDAD (m.b.m.r.)	IDENTIFICACION PETROGRAFICA
Casa Roja-1	N3	1913-1919	Packstone-Grainstone.
"	N3;P. 28	1913-1919	Packstone-Grainstone.
"	N3;P.Med.	1913-1919	Mudstone-Wackestone.
"	N5;P.Sup.	1982-1989	*Mudstone arcilloso incipientemente dolomitizado.
"	N5;P.Med.	1982-1989	Mudstone arcilloso.
"	N5;P.Inf.	1982-1989	*Mudstone arcilloso limoso incipientemente dolomitizado.
Centella-1	N2;P.Sup.	2549-2558	*Mudstone arcilloso con escaso limo.
"	N2;P.Inf.	2549-2558	*Mudstone arcilloso limoso.
"	N3;P.Sup.	2571-2580	*Lutita calcárea con escaso limo.
"	N3;P.Med.	2571-2580	Lutita ligeramente calcárea carbonatada.
"	N3;P.Inf.	2571-2580	Lutita ligeramente calcárea carbonatada.
Centinela-1	N1;P.Sup.	1851-1860	Lutita carbonosa calcárea.
"	N2;P.Inf.	1860.5-1869.5	Lutita carbonosa calcárea.
"	N4;P.Sup.	1908-1914	Packstone.
"	N4;P.M d.	1908-1914	Wackestone-Packstone arenoso.
"	N4;P.Inf.	1908-1914	Mudstone-Wackestone arenoso.
Kikapú-1	N4;P.Sup.	2472-2481	*Lutita ligeramente calcárea con escaso limo.
"	N4;P.Inf.	2472-2481	*Lutita limosa ligeramente calcárea.
Maravillas-1	N2;P. 25	1960-1969	Grainstone.
"	N3;P.Sup.	2031-2036	Mudstone arcilloso.
"	N3;P.Inf.	2031-2036	*Mudstone arenoso incipientemente dolomitizado.
Moral-1	N2;P.Sup.	1715-1721	Packstone-Grainstone.
"	N2;P.Med.	1715-1721	Grainstone.

TABLA I (Continuación):

POZO	NUCLEO Y PARTE	PROFUNDIDAD (m.b.m.r.)	IDENTIFICACION PETROGRAFICA
Piojo-1	N5;P.Sup.	2135-2144	Mudstone arcilloso carbonoso.
"	N5;P.Med.	2135-2144	*Mudstone arcilloso con escaso limo.
"	N5;P.Inf.	2135-2144	Mudstone arcilloso carbonoso.
"	N8;P.Sup.	2177.5-2186.5	*Mudstone arcilloso con escaso limo , incipientemente dolomitizado.
"	N8;P.Med.	2177.5-2186.5	Mudstone arcilloso carbonoso.
"	N8;P.Inf.	2177.5-2186.5	*Mudstone arcilloso con escaso limo.
Polvorín-1	N5;P.Sup.	2436.5-2445.5	Mudstone.
"	N5;P.Med.	2436.5-2445.5	Mudstone.
"	N5;P.Inf.	2436.5-2445.5	*Mudstone arcilloso limoso.
"	N6;P.Sup.	2497.5-2506.5	Mudstone arcilloso.
"	N6;P.Med.	2497.5-2506.5	*Lutita limosa calcárea.
"	N6;P.Inf.	2497.5-2506.5	*Lutita limosa calcárea.
Travertino-1	N5;P. 18	1585-1594	*Wackestone arenoso de fósiles (foraminíferos - bentónicos y fragmentos de moluscos).
"	N5;P. 24	1585-1594	Packstone-Grainstone.
Vacas-1	N2;P.Med.	1547-1555	*Mudstone arcilloso parcialmente silicificado, incipientemente dolomitizado.
"	N2;P.Inf.	1547-1555	*Mudstone arcilloso limoso, incipientemente dolomitizado.

m.b.m.r.=metros bajo mesa rotaria

N =Núcleo

P.=Parte

Las muestras señaladas con * estuvieron disponibles en el IMP y fueron identificadas por la autora de este trabajo. El resto de las muestras fueron identificadas por personal de PEMEX.

TABLA II:

FAUNA Y FLORA FOSILES PRESENTES EN SECCIONES DELGADAS DE ROCA DE LOS POZOS ESTUDIADOS. EL ESTUDIO FUE REALIZADO POR PERSONAL DE LA DIVISION DE BIOESTRATIGRAFIA DEL IMP.

POZO	NUCLEO Y PARTE	PROFUNDIDAD (m.b.m.r.)	FORMACION	FAUNA Y FLORA
Casa Roja-1	N3;P.Med.	1913-1919	La Peña	Fragmentos de moluscos.
"	N5;P.Sup.	1982-1989	La Peña	Sin microfósiles.
"	N5;P.Inf.	1982-1989	La Peña	Sin microfósiles.
Centella-1	N2;P.Sup.	2549-2558	La Peña	Cámaras de globigerínidos , equinodermos y restos biógenos indeterminados.
"	N2;P.Inf.	2549-2558	La Peña	Cámaras de globigerínidos y equinodermos.
"	N3;P.Sup.	2571-2580	La Peña	Cámaras de globigerínidos y equinodermos.
"	N3;P.Med.	2571-2580	La Peña	<u>Globigerinelloides ferreolensis</u> , <u>G. barri</u> y cocolitos.
Centinela-1	N4;P.Sup.	1908-1914	La Peña	Miliólidos , textularidos (<u>Dicyclina</u> sp.) , equinodermos y fragmentos de moluscos.
Kikapú-1	N4;P.Sup.	2472-2481	La Peña	Abundantes cámaras de globigerínidos, cocolitos y fragmentos biógenos indeterminados.
"	N4;P.Inf.	2472-2481	La Peña	Escasas cámaras de globigerínidos , e quinodermos y cocolitos.
Maravillas-1	N1;P. 46	1645-1653	Glen Rose	Equinodermos , moluscos y foraminíferos bentónicos muy escasos.
"	N2;P. 25	1960-1969	La Peña	Equinodermos y moluscos.
"	N3;P.Inf.	2031-2036	La Peña	Radiolarios y foraminíferos bentónicos.

TABLA II (Continuación):

POZO	NUCLEO Y PARTE	PROPUNDIDAD (m.b.m.f.)	FORMACION	FAUNA Y FLORA
Moral-1	N1;P.Sup.	1482-1491	Glen Rose	Equinodermos y moluscos.
"	N2;P.Med.	1715-1721	La Peña	Ostrácodos, equinodermos, fragmentos de moluscos, miliólidos, textuláridos y otros foraminíferos bentónicos.
"	N3;P.Sup.	1827-1833	Cupido	Escasos fragmentos de algas, equinodermos, moluscos, textuláridos, abundantes miliólidos y otros foraminíferos bentónicos.
"	N3;P.Inf.	1827-1833	Cupido	Equinodermos, moluscos y miliólidos.
Piojo-1	N2;P.Inf.	2060-2069	Glen Rose	Calcisferúlidos, <u>Cadosina</u> sp., globigerínidos, abundantes equinodermos y radiolarios.
"	N4;P.Sup.	2078-2087	Glen Rose	Cocolitos, abundantes equinodermos, escasas cámaras de globigerínidos, radiolarios y otros foraminíferos indeterminados.
"	N5;P.Med.	2135-2144	La Peña	Calcisférulas, cocolitos y foraminíferos indeterminados.
"	N8;P.Sup.	2177.5-2186.5	La Peña	Cámaras aisladas de globigerínidos y radiolarios.
"	N8;P.Inf.	2177.5-2186.5	La Peña	Cocolitos, equinodermos, globigerínidos y radiolarios.
Polvorín-1	N5;P.Med.	2436.5-2445.5	La Peña	Equinodermos, moluscos, briozoarios y radiolarios.
"	N5;P.Inf.	2436.5-2445.5	La Peña	Cámaras de globigerínidos, rotálidos, equinodermos y fragmentos de moluscos.
"	N6;P.Med.	2497.5-2506.5	La Peña	Calcisferúlidos, <u>Cadosina</u> sp., globigerínidos, <u>Nannoconus</u> sp., cocolitos, y radiolarios.

TABLA II (Continuación):

POZO	NUCLEO Y PARTE	PROFUNDIDAD (m.b.m.r.)	FORMACION	FAUNA Y FLORA
"	N6;P.Inf.	2497.5-2506.5	La Peña	Cámaras de globigerínidos y coccolitos.
"	N11;P.Sup.	2736-2745	Cupido	Gasterópodos , moluscos , algas , miliólidos y <u>Pseudocyclamina</u> sp. (textularina).
"	N11;P.Inf.	2736-2745	Cupido	Equinodermos , moluscos y radiolarios.
Travertino-1	N4;P. 45	1391-1400	Glen Rose	Moluscos , equinodermos y escasos miliólidos.
"	N5;P. 18	1585-1594	La Peña	Ostrácodos , equinodermos , miliólidos , escasos fragmentos de otros foraminíferos bentónicos indeterminables y fragmentos de moluscos.
Vacas-1	N1;P.Sup.	1335-1344	Glen Rose	Abundantes equinodermos , radiolarios , miliólidos y otros foraminíferos bentónicos indeterminables.
"	N1;P.Inf.	1335-1344	Glen Rose	Escasos fragmentos de equinodermos , foraminíferos bentónicos indeterminables y radiolarios.
"	N2;P.Med.	1547-1555	La Peña	Escasos fragmentos de moluscos.
"	N2;P.Inf.	1547-1555	La Peña	Sin microfósiles.

m.b.m.r.=metros bajo mesa rotaria

N =Núcleo

P.=Parte

TABLA III:

DATOS DE CARBONO ORGANICO Y CARBONO MINERAL DE MUESTRAS DE NUCLEO DE LA FORMACION LA PEÑA. EL ANALISIS FUE REALIZADO POR PERSONAL DEL LABORATORIO DE GEOQUIMICA DEL IMP.

POZO: CASA ROJA-1
CAMPO: CASA ROJA
MUNICIPIO: PIEDRAS NEGRAS
ESTADO: COAHUILA

MUESTRA		PROFUNDIDAD	C.ORG.	C.MIN.
NUCLEO	PARTE	(m.b.m.r.)	(%)	(%)
3		1913-1919	0.20	11.10
3	28	1913-1919	0.20	11.06
3	Media	1913-1919	0.21	10.74
5	Superior	1982-1989	1.77	3.94
5	Media	1982-1989	1.12	2.48
5	Inferior	1982-1989	1.26	2.88

POZO: CENTELLA-1
CAMPO: CENTELLA
MUNICIPIO: GUERRERO
ESTADO: COAHUILA

MUESTRA		PROFUNDIDAD	C.ORG.	C.MIN.
NUCLEO	PARTE	(m.b.m.r.)	(%)	(%)
2	Superior	2549-2558	1.09	2.52
2	Inferior	2549-2558	1.65	4.62
3	Superior	2571-2580	2.09	4.70
3	Media	2571-2580	2.32	4.00
3	Inferior	2571-2580	2.20	5.10

POZO: CENTINELA-1
CAMPO: CENTINELA
MUNICIPIO: PIEDRAS NEGRAS
ESTADO: COAHUILA

MUESTRA		PROFUNDIDAD	C.ORG.	C.MIN.
NUCLEO	PARTE	(m.b.m.r.)	(%)	(%)
1	Superior	1851-1860	1.02	2.84
2	Inferior	1860.5-1869.5	1.29	3.64
4	Superior	1908-1914	0.16	7.34
4	Media	1908-1914	0.19	7.06
4	Inferior	1908-1914	0.22	10.14

TABLA III (Continuación):

POZO: KIKAPU-1
 CAMPO: KIKAPU
 MUNICIPIO: GUERRERO
 ESTADO: COAHUILA

NUCLEO	MUESTRA PARTE	PROFUNDIDAD (m.b.m.r.)	C.ORG. (%)	C.MIN. (%)
4	Superior	2472-2481	2.16	7.68
4	Inferior	2472-2481	1.13	8.40

POZO: MARAVILLAS-1
 CAMPO: MARAVILLAS
 MUNICIPIO: PIEDRAS NEGRAS
 ESTADO: COAHUILA

NUCLEO	MUESTRA PARTE	PROFUNDIDAD (m.b.m.r.)	C.ORG. (%)	C.MIN. (%)
2	25	1960-1969	0.12	10.96
3	Superior	2031-2036	0.76	3.44
3	Inferior	2031-2036	0.79	6.40

POZO: MORAL-1
 CAMPO: MORAL
 MUNICIPIO: PIEDRAS NEGRAS
 ESTADO: COAHUILA

NUCLEO	MUESTRA PARTE	PROFUNDIDAD (m.b.m.r.)	C.ORG. (%)	C.MIN. (%)
2	Superior	1715-1721	0.18	10.48
2	Media	1715-1721	0.18	10.76

POZO: PIOJO-1
 CAMPO: PIOJO
 MUNICIPIO: PIEDRAS NEGRAS
 ESTADO: COAHUILA

NUCLEO	MUESTRA PARTE	PROFUNDIDAD (m.b.m.r.)	C.ORG. (%)	C.MIN. (%)
5	Superior	2135-2144	0.50	3.88
5	Media	2135-2144	0.38	5.66
5	Inferior	2135-2144	1.12	3.02
8	Superior	2177.5-2186.5	1.40	7.20
8	Media	2177.5-2186.5	1.14	7.16
8	Inferior	2177.5-2186.5	0.50	9.92

TABLA III (Continuación):

POZO: POLVORIN-1
 CAMPO: POLVORIN
 MUNICIPIO: PIEDRAS NEGRAS
 ESTADO: COAHUILA

NUCLEO	MUESTRA PARTE	PROFUNDIDAD (m.b.m.r.)	C.ORG. (%)	C.MIN. (%)
5	Superior	2436.5-2445.5	1.01	3.80
5	Media	2436.5-2445.5	1.71	4.60
5	Inferior	2436.5-2445.5	1.22	5.26
6	Superior	2497.5-2506.5	2.84	9.14
6	Media	2497.5-2506.5	2.35	6.26
6	Inferior	2497.5-2506.5	3.01	5.36

POZO: TRAVERTINO-1
 CAMPO: TRAVERTINO
 MUNICIPIO: JIMENEZ
 ESTADO: COAHUILA

NUCLEO	MUESTRA PARTE	PROFUNDIDAD (m.b.m.r.)	C.ORG. (%)	C.MIN. (%)
5	18	1585-1594	0.19	10.18
5	24	1585-1594	0.28	11.04

POZO: VACAS-1
 CAMPO: VACAS
 MUNICIPIO: JIMENEZ
 ESTADO: COAHUILA

NUCLEO	MUESTRA PARTE	PROFUNDIDAD (m.b.m.r.)	C.ORG. (%)	C.MIN. (%)
2	Media	1547-1555	0.98	4.58
2	Inferior	1547-1555	1.14	4.86

m.b.m.r.=metros bajo mesa rotaria.

C.ORG.=Carbono orgánico (medido a través de un analizador Leco de carbono orgánico).

C.MIN.=Carbono mineral.

TABLA IV:

ESTUDIO OPTICO DEL RESIDUO PALINOLOGICO

POZO: CASA ROJA-1
 CAMPO: CASA ROJA
 MUNICIPIO: PIEDRAS NEGRAS
 ESTADO: COAHUILA

NUCLEO No.: 3
 PARTE: 28
 PROFUNDIDAD: 1913-1919 m.b.m.r.
 FORMACION: LA PEÑA

MATERIA ORGANICA:

TIPOS	ORIGEN	ABUNDANCIA(%)		TAMAÑOS (MICRAS)			COLOR(ES)	IAT (Demaison, 1980)
		PARCIAL	TOTAL	MENOR (P)	MAYOR			
Algácea	Marino	h	↑	9	(15)	60	an.os.	2.7-3.0
Leñosa	Continental	h	h	9	(20)	45	an.os., pa.ro., pa., pa.os.	2.7-3.7
Carbonosa	Continental	h	h	3	(30)	90	ne.	3.7-4.0
Mat. herbáceo	Marino	h	↓	12	(12)	12	an.os., pa.	2.7-3.3

MATERIA MINERAL:

COMPONENTES	ABUNDANCIA(%)		TAMAÑOS (MICRAS)		
	PARCIAL	TOTAL	MENOR (P)	MAYOR	
Granular	↑	↑	↑	↑	↑
Amorfa	83	↑	↑	↑	↑
Grumosa	↓	85	1	(3, 30)	415
Cristales fibrosos	↓	↓	↓	↓	↓
Cristales listonados	h	↓	↓	↓	↓
Pirita (esferoidal y cúbica)	h	↓	3	(10)	22
Cristales terrigenos	1	↓	2	(3)	150
Restos cámaras foraminíferos	1	↓	60	(70)	125

m.b.m.r.=metros bajo mesa rotaria.

Mat.=Material.

h =huellas (<1%).

(P)=Predominante(s).

an.os.=anaranjado oscuro

pa.ro.=pardo rojizo.

pa.=pardo.

pa.os.=pardo oscuro.

ne.=negro.

1, 2, 3 =Orden de abundancia de los colores (mayor a menor).

— =Color e intervalo de madurez térmica representativos de la muestra.

NOTAS: La materia carbonosa es de origen leñoso. Los restos de foraminíferos se encuentran constituidos por materia mineral.

TABLA IV (Continuación):

POZO: CASA ROJA-1
 CAMPO: CASA ROJA
 MUNICIPIO: PIEDRAS NEGRAS
 ESTADO: COAHUILA

NUCLEO No.: 5
 PARTE: SUPERIOR
 PROFUNDIDAD: 1982-1989 m.b.m.r.
 FORMACION: LA PEÑA

MATERIA ORGANICA:

TIPOS	ORIGEN	ABUNDANCIA(%)		TAMAÑOS (MICRAS)			COLOR(ES)	IAT (Demaison, 1980)
		PARCIAL	TOTAL	Menor (P)	Mayor			
Algácea	Marino	20	↑	2	(30)	215	an.os.	2.7-3.0
Leñosa	Continental	4	28	7	(18)	80	an.os., pa.ro., pa., pa.os.,	2.7-3.7
Carbonosa	Continental	2		15	(20)	150	ne.	3.7-4.0
Mat. herbáceo	Marino	2	↓	4	(9)	24	an.os., pa.cl., pa.ro.,	2.7-3.3

MATERIA MINERAL:

COMPONENTES	ABUNDANCIA(%)		TAMAÑOS (MICRAS)		
	PARCIAL	TOTAL	Menor (P)	Mayor	
Granular	↑	32	↑	↑	↑
Amorfa	↓		1	(5)	150
Cristales de dolomita	10		10	(21)	42
Pirita (esferoidal y cúbica)	3		6	(10)	15
Cristales terrígenos	6		1	(3,10)	40
Restos cámaras foraminíferos	h	↓	49	(56)	98

m.b.m.r.=metros bajo mesa rotaria.

Mat.=Material.

(P)=Predominante(s).

an.os.=anaranjado oscuro.

pa.ro.=pardo rojizo.

pa.=pardo.

pa.os.=pardo oscuro.

ne.=negra.

pa.cl.=pardo claro.

— =Color e intervalo de madurez térmica representativos de la muestra.

1, 2, 3 =Orden de abundancia de los colores (mayor a menor).

h =huellas (<1%).

NOTAS: La materia carbonosa es de origen leñosa. La mayoría de la materia orgánica se encuentra rodeando a los cristales de dolomita. Los restos de las cámaras de foraminíferos se encuentran constituidas por materia mineral.

TABLA IV (Continuación):

POZO: CENTELLA-1
 CAMPO: CENTELLA
 MUNICIPIO: GUERRERO
 ESTADO: COAHUILA

NUCLEO No.: 3
 PARTE: MEDIA
 PROFUNDIDAD: 2571-2580 m.b.m.r.
 FORMACION: LA PEÑA

MATERIA ORGANICA:

TIPOS	ORIGEN	ABUNDANCIA(%)		TAMAÑOS (MICRAS)			COLOR(ES)	IAT (Demaison, 1980)
		PARCIAL	TOTAL	MENOR (P)	MAYOR			
Algácea	Marino	35	43	2	(20)	485	pa.an.1, pa.1	2.7-3.0, 3.0-3.3
Leñosa	Continental	2		15	(25)	300	pa.1, pa.os.1	3.0-3.7
Carbonosa	Continental	5		10	(25)	210	ne.	3.7-4.0
Mat. herbáceo	Marino	1		8	(15)	15	pa.	3.0-3.3

MATERIA MINERAL:

COMPONENTES	ABUNDANCIA(%)		TAMAÑOS (MICRAS)		
	PARCIAL	TOTAL	MENOR (P)	MAYOR	
Granular	24	37	2	(2)	210
Amorfa	h		2	(2)	210
Cristales fibrosos	h		6	(9)	70
Pirita (esferoidal, cúbica y grumos)	3		1	(2)	15
Cristales terrígenos	7		5	(6)	19
Cuerpos esféricos	3				

m.b.m.r.=metros bajo mesa rotaria
 Mat.=Material.

(P)=Predominante.
 pa.an.=pardo anaranjado.

pa.=pardo.
 pa.os.=pardo oscuro.

ne.=negra.
 1,2 =Orden de abundancia de los colores (mayor a menor).

— =Color e intervalo de madurez térmica representativos de la muestra.

h =huellas (<1%).

NOTAS: La materia carbonosa es de origen leñoso.

TABLA IV (Continuación):

POZO: CENTINELA-1
CAMPO: CENTINELA
MUNICIPIO: PIEDRAS NEGRAS
ESTADO: COAHUILA

NUCLEO No.: 1
PARTE: SUPERIOR
PROFUNDIDAD: 1851-1860 m.b.m.r.
FORMACION: LA PEÑA

MATERIA ORGANICA:

TIPOS	ORIGEN	ABUNDANCIA(%)		TAMAÑOS (MICRAS)		COLOR(ES)	IAT (Demaison, 1980)
		PARCIAL	TOTAL	MENOR (P)	MAYOR		
Algácea	Marino	20	↑	1 (9)	130	an., oc., an.os.,	2.5-2.7, 2.7-3.0
Leñosa	Continental	6		4 (12)	42	an., an.os., pa.ro., pa., pa.os.	2.5-3.7
Carbonosa	Continental	3	31	3 (15)	30	ne.	3.7-4.0
Mat. herbáceo	Marino	2		7 (9)	17	an., oc., an.os.,	2.5-3.0
Esporas	Continental	h	↓	15 (15)	15	an.	2.5-2.7

MATERIA MINERAL:

COMPONENTES	ABUNDANCIA(%)		TAMAÑOS (MICRAS)	
	PARCIAL	TOTAL	MENOR (P)	MAYOR
Granular	↑	↑	1 (6)	220
Amorfa	53		15	
Cristales de dolomita	2	69	9 (25)	30
Pirita (esferoidal)	7		4 (8)	21
Cristales terrigenos	7	↓	1 (3)	15
Restos cámaras foraminíferos	h		132 (132)	132

m.b.m.r.=metros bajo mesa rotaria.

Mat.=Material.

h =huellas (<1%).

(P)=Predominante(s).

an.=anaranjado.

oc.=ocre.

an.os.=anaranjado oscuro.

pa.ro.=pardo rojizo.

pa.=pardo.

pa.os.=pardo oscuro.

ne.=negro.

1, 2, ...=Orden de abundancia de los colores (mayor a menor).

—=Colores e intervalo de madurez térmica representativos de la muestra.

NOTAS:La materia orgánica de tipo algácea está muy diseminada. La materia carbonosa es de origen leñoso. Los cristales de dolomita se encuentran rodeados de materia orgánica. Los restos de las cámaras de foraminíferos se encuentran constituidas por materia mineral.

TABLA IV (Continuación):

POZO: CENTINELA-1
CAMPO: CENTINELA
MUNICIPIO: PIEDRAS NEGRAS
ESTADO: COAHUILA

NUCLEO No.: 4
PARTE: INFERIOR
PROFUNDIDAD: 1908-1914 m.b.m.r.
FORMACION: LA PEÑA

MATERIA ORGANICA:

TIPOS	ORIGEN	ABUNDANCIA(%)		TAMANOS (MICRAS)		COLOR(ES)	IAT (Demaison, 1980)
		PARCIAL	TOTAL	MENOR (P)	MAYOR		
Algácea	Marino	h	↑	9 (1224)	30	an.os.	2.7-3.0
Leñosa	Continental	1	↓	6 (18)	39	an.os. 1, pa.ro. 3, pa. 1, pa.os. 2	2.7-3.7
Carbonosa	Continental	1	2	3 (25)	45	ne.	3.7-4.0
Mat. herbáceo	Marino	h	↓	4 (9)	12	pa.cl.	2.7-3.0
Polen	Continental	h	↓	10 (10)	10	an.os.	2.7-3.0

MATERIA MINERAL:

COMPONENTES	ABUNDANCIA(%)		TAMANOS (MICRAS)		
	PARCIAL	TOTAL	MENOR (P)	MAYOR	
Granular	↑	↑	↑	↑	↑
Amorfa	81	↓	1	(15)	165
Grumosa	↓	83	↓	↓	↓
Pirita (cúbica, esferoidal y grumos)	1	↓	4	(10)	15
Cristales terrígenos	1	↓	1	(3)	24

m.b.m.r.=metros bajo mesa rotaria.

Mat.=Material.

h =huellas (<1%).

(P)=Predominante(s).

an.os.=anaranjado oscuro.

pa.ro.=pardo rojizo.

pa.=pardo.

pa.os.=pardo oscuro.

ne.=negro.

pa.cl.=pardo claro.

1, 2, ...=Orden de abundancia de los colores (mayor a menor).

—=Color e intervalo de madurez térmica representativos de la muestra.

NOTA: La materia carbonosa es de origen leñoso.

TABLA IV (Continuación):

POZO: KIKAPU-1
 CAMPO: KIKAPU
 MUNICIPIO: GUERRERO
 ESTADO: COAHUILA

NUCLEO No.: 4
 PARTE: SUPERIOR
 PROFUNDIDAD: 2472-2481 m.b.m.r.
 FORMACION: LA PEÑA

MATERIA ORGANICA:

TIPOS	ORIGEN	ABUNDANCIA(%)		TAMAÑOS (MICRAS)			COLOR(ES)	IAT (Demaison, 1980)
		PARCIAL	TOTAL	MENOR (P)	MAYOR			
Algácea	Marino	25	↑	3 (25)	180	pa.an., pa.cl., pa.	2.7-3.0, 3.0-3.3	
Leñosa	Continental	2		3 (30)	90	pa.an., pa.cl., pa.s, pa.os.	2.7-3.7	
Carbonosa	Continental	6	33	6 (30)	201	ne.	3.7-4.0	
Mat. herbáceo	Marino	h	↓	10 (10)	21	pa.cl.	2.7-3.0	
Indeterminado	—	h		9 (9)	9	pa.ro.	3.0-3.3	

MATERIA MINERAL:

COMPONENTES	ABUNDANCIA(%)		TAMAÑOS (MICRAS)		
	PARCIAL	TOTAL	MENOR (P)	MAYOR	
Granular	34	↑	1 (2)	45	
Pirita (esferoidal y cúbica)	3	47	6 (9)	24	
Cristales terrígenos	7		1 (2)	45	
Cuerpos esféricos	3	↓	8 (9)	11	

m.b.m.r.=metros bajo mesa rotaria.

Mat.=Material.

h =huellas (<1%).

(P)=Predominante.

pa.an.=pardo anaranjado.

pa.cl.=pardo claro.

pa.=pardo.

pa.os.=pardo oscuro.

ne.=negro.

pa.ro.=pardo rojizo.

1, 2, 3 =Orden de abundancia de los colores (mayor a menor).

— =Color e intervalo de madurez térmica representativos de la muestra.

NOTA: La materia carbonosa es de origen leñoso.

TABLA IV (Continuación):

POZO: MARAVILLAS-1
 CAMPO: MARAVILLAS
 MUNICIPIO: PIEDRAS NEGRAS
 ESTADO: COAHUILA

NUCLEO No.: 2
 PARTE: 25
 PROFUNDIDAD: 1960-1969 m.b.m.r.
 FORMACION: LA PEÑA

MATERIA ORGANICA:

TIPOS	ORIGEN	ABUNDANCIA(%)		TAMAÑOS (MICRAS)		COLOR(ES)	IAT (Demaison, 1980)
		PARCIAL	TOTAL	MENOR (P)	MAYOR		
Algácea	Marino	h	↑	9 (30)	67	an.os.	2.7-3.0
Leñosa	Continental	h	↑	6 (15)	62	an.os., pa.ro., pa.2, pa.os.	2.7-3.7
Carbonosa	Continental	h	h	6 (18)	66	ne.	3.7-4.0
Espora de hongo	Continental	h	↓	42 (42)	42	an.os.	2.7-3.0
Otros	Marino	h	↓	39 (-)	90	an.os.	2.7-3.0

MATERIA MINERAL:

COMPONENTES	ABUNDANCIA(%)		TAMAÑOS (MICRAS)		
	PARCIAL	TOTAL	MENOR (P)	MAYOR	
Granular	↑	↑	↑	↑	↑
Grumoso	24	25	1 (6)	40	
Pirita (esferoidal y cúbica)	h	↓	6 (9)	24	
Cristales terrígenos	1	↓	1 (3)	39	

NOTA: La materia carbonosa es de origen leñoso.

m.b.m.r.=metros bajo mesa rotaria.

h =huellas (<1%).

(P)=Predominante.

an.os.=anaranjado oscuro.

pa.ro.=pardo rojizo.

pa.=pardo.

pa.os.=pardo oscuro.

ne.=negro.

1, 2, ...=Orden de abundancia de los colores (mayor a menor).

—=Color e intervalo de madurez térmica representativos de la muestra.

TABLA IV (Continuación):

POZO: MARAVILLAS-1
 CAMPO: MARAVILLAS
 MUNICIPIO: PIEDRAS NEGRAS
 ESTADO: COAHUILA

NUCLEO No.: 3
 PARTE: INFERIOR
 PROFUNDIDAD: 2031-2036 m.b.m.r.
 FORMACION: LA PEÑA

MATERIA ORGANICA:

TIPOS	ORIGEN	ABUNDANCIA(%)		TAMAÑOS (MICRAS)		COLOR(ES)	IAT (Demaison, 1980)
		PARCIAL	TOTAL	MEJOR (P)	MAJOR		
Algácea	Marino	20	26	2 (1025)	135	an.os., oc.?	2.7-3.0
Leñosa	Continental	3		4 (30)	99	an.os., pa.ro., pa., pa.os.?	2.7-3.7
Carbonosa	Continental	3		3 (30)	60	ne.	3.7-4.0
Mat. herbáceo	Marino	h		7 (9)	10	an.os., pa.	2.7-3.3
Polen	Continental	h		25 (25)	25	an.os.	2.7-3.0
Indeterminado	—	h		36 (36)	36	pa.cl.	2.7-3.0

MATERIA MINERAL:

COMPONENTES	ABUNDANCIA(%)		TAMAÑOS (MICRAS)		
	PARCIAL	TOTAL	MEJOR (P)	MAJOR	
Granular			↑	↑	↑
Cristales listonados	50	69	1 (2)	80	
Amorfa	↓		↓	↓	
Cristales de dolomita	8		7 (11)	25	
Pirita (esferoidal y cúbica)	5		3 (8)	18	
Cristales terrigenos	6		1 (3)	54	
Restos cámaras foraminíferos	h		45 (70)	90	

m.b.m.r.=metros bajo mesa rotaria.

Mat.=Material.

h =huellas (<1%).

(P)=Predominante(s).

an.os.=anaranjado oscuro.

oc.=ocre.

pa.ro.=pardo rojizo.

pa.=pardo.

pa.os.=pardo oscuro.

ne.=negro.

pa.cl.=pardo claro.

1,2,...=Orden de abundancia de los colores (mayor a menor).

— =Color e intervalo de madurez térmica representativos de la muestra.

NOTAS: La materia carbonosa es de origen leñoso. La mayoría de los cristales de dolomita se encuentran rodeados por materia orgánica.

TABLA IV (Continuación):

POZO: MORAL-1
 CAMPO: MORAL
 MUNICIPIO: PIEDRAS NEGRAS
 ESTADO: COAHUILA

NUCLEO No.: 2
 PARTE: MEDIA
 PROFUNDIDAD: 1715-1721 m.b.m.r.
 FORMACION: LA PEÑA

MATERIA ORGANICA:

TIPOS	ORIGEN	ABUNDANCIA(%)		TAMAÑOS (MICRAS)			COLOR(ES)	IAT (Demaison, 1980)
		PARCIAL	TOTAL	MENOR (P)	MAYOR			
Algácea	Marino	h	↑	3	(30)	39	an.os.	2.7-3.0
Leñosa	Continental	h	h	10	(22)	60	an.os., pa.ro., pa., pa.os.	2.7-3.7
Carbonosa	Continental	h	↓	10	(22)	67	ne.	3.7-4.0

MATERIA MINERAL:

COMPONENTES	ABUNDANCIA(%)		TAMAÑOS (MICRAS)		
	PARCIAL	TOTAL	MENOR (P)	MAYOR	
Granular	↑	↑	↑	↑	↑
Amorfa	62	↓	1	(5,25)	180
Grumosa	↓	65	↓	↓	↓
Cristales listonados	h	↓	39	(39)	39
Pirita (esferoidal y cúbica)	h	↓	6	(8)	16
Cristales terrígenos	3	↓	1	(3)	19

m.b.m.r.=metros bajo mesa rotaria.
 h =huellas (<1%).
 (P)=Predominante(s).
 an.os.=anaranjado oscuro.
 pa.ro.=pardo rojizo.
 pa.=pardo.
 pa.os.=pardo oscuro.
 ne.=negro.
 1, 2, 3 =Orden de abundancia de los
 colores (mayor a menor).
 — =Color e intervalo de madu-
 rez térmica representati-
 vos de la muestra.

NOTAS: La materia carbonosa es de origen leñoso. La materia mineral granular está fragmentada.

TABLA IV (Continuación):

POZO: PIOJO-1
 CAMPO: PIOJO
 MUNICIPIO: PIEDRAS NEGRAS
 ESTADO: COAHUILA

NUCLEO No.: 5
 PARTE: MEDIA
 PROFUNDIDAD: 2135-2144 m.b.m.r.
 FORMACION: LA PEÑA

MATERIA ORGANICA:

TIPOS	ORIGEN	ABUNDANCIA(%)		TAMAÑOS (MICRAS)			COLOR(ES)	IAT (Demaison, 1980)
		PARCIAL	TOTAL	MENOR (P)	MAYOR			
Algácea	Marino	25	36	3	(30)	1963	an.os.	2.7-3.0
Leñosa	Continental	3		6	(24)	114	an.os., pa.ro., pa., pa.os.	2.7-3.7
Carbonosa	Continental	5		9	(25)	90	ne.	3.7-4.0
Mat. herbáceo	Marino	1		6	(9)	12	an.os., pa.cl.	2.7-3.0
Acritarcas	Marino	2		6	(12)	15	pa.cl.	2.7-3.0
Otros	Marino	h		51	(51)	51	an.os.	2.7-3.0
Esporas de hongos	Continental	h	24	(24)	24	an.os.	2.7-3.0	

MATERIA MINERAL:

COMPONENTES	ABUNDANCIA(%)		TAMAÑOS (MICRAS)		
	PARCIAL	TOTAL	MENOR (P)	MAYOR	
Granular	33	52	2	(2)	165
Grumosa	9		3	(8)	30
Pirita (esferoidal, cúbica y grumos)	8		1	(3)	27
Cristales terrigenos	2		10	(20)	24
Cuerpos esféricos radiales					

NOTA: La materia carbonosa es de origen leñoso.

m.b.m.r.=metros bajo mesa rotaria.
 Mat.=Material.
 h =huellas (<1%).
 (P)=Predominante.
 an.os.=anaranjado oscuro.
 pa.ro.=pardo rojizo.
 pa.=pardo.
 pa.os.=pardo oscuro.
 ne.=negro.
 pa.cl.=pardo claro.
 1, 2, ...=Orden de abundancia de los colores (mayor a menor).
 —=Color e intervalo de madurez térmica representativos de la muestra.

TABLA IV (Continuación):

POZO: PIOJO-1
CAMPO: PIOJO
MUNICIPIO: PIEDRAS NEGRAS
ESTADO: COAHUILA

NUCLEO No.: 5
PARTE: INFERIOR
PROFUNDIDAD: 2135-2144 m.b.m.r.
FORMACION: LA PEÑA

MATERIA ORGANICA:

TIPOS	ORIGEN	ABUNDANCIA(%)		TAMAÑOS (MICRAS)		COLOR(ES)	IAT (Demaison, 1980)
		PARCIAL	TOTAL	Menor (P)	Mayor		
Algácea	Marino	32	↑	3 (15)	375	an.os., pa.cl., pa.ro.?	27-30, 30-33
Leñosa	Continental	4	↓	6 (18)	66	an.os., pa.ro., pa.os.?	2.7-3.7
Carbonosa	Continental	5	↓	6 (20)	303	ne.	3.7-4.0
Mat. herbáceo	Marino	2	↓	6 (8)	15	pa.cl., pa.ro.?	2.7-3.3

MATERIA MINERAL:

COMPONENTES	ABUNDANCIA(%)		TAMAÑOS (MICRAS)	
	PARCIAL	TOTAL	Menor (P)	Mayor
Granular	↑	↑	↑	↑
Amorfa	↓	↓	↓	↓
Cristales de dolomita	12	56	9 (20)	48
Pirita (esferoidal, cúbica y grumos)	4		3 (8)	30
Cristales terrígenos	6	↓	1 (3)	45
Restos cámaras foraminíferos	h	↓	36 (90)	126

m.b.m.r.=metros bajo mesa rotaria.
Mat.=Material.

(P)=Predominante.

an.os.=anaranjado oscuro.

pa.cl.=pardo claro.

pa.ro.=pardo rojizo.

pa.=pardo.

pa.os.=pardo oscuro.

ne.=negro.

1, 2, ...=Orden de abundancia de los colores (mayor a menor).

—=Color e intervalo de madurez térmica representativos de la muestra.

h =huellas (<1%).

NOTAS: La materia orgánica algácea es de dos tipos. La materia carbonosa es de origen leñoso. La mayoría de los cristales de dolomita se encuentran rodeados por materia orgánica. Los restos de cámaras de foraminíferos se encuentran constituidas por materia mineral y algunas parcialmente piritizadas.

TABLA IV (Continuación):

POZO: PIOJO-1
 CAMPO: PIOJO
 MUNICIPIO: PIEDRAS NEGRAS
 ESTADO: COAHUILA

NUCLEO No.: 8
 PARTE: SUPERIOR
 PROFUNDIDAD: 2177.5-2186.5 m.b.m.r.
 FORMACION: LA PEÑA

MATERIA ORGANICA:

TIPOS	ORIGEN	ABUNDANCIA(%)		TAMAÑOS (MICRAS)		COLOR(ES)	IAT (Demaison, 1980)
		PARCIAL	TOTAL	Menor (P)	Mayor		
Algácea	Marino	18	↓	3 (30)	225	pa.an., pa.ro.,	2.7-3.3
Leñosa	Continental	1		9 (18)	69	pa.cl., pa.ro., pa., pa.os.,	2.7-3.7
Carbonosa	Continental	2	21	6 (18)	57	ne.	3.7-4.0
Mat. herbáceo	Marino	h	↓	9 (9)	14	pa.cl., pa.	2.7-3.3
Otros	Marino	h		63 (-)	312	pa.an., pa.cl.	2.7-3.0

MATERIAL MINERAL:

COMPONENTES	ABUNDANCIA(%)		TAMAÑOS (MICRAS)	
	PARCIAL	TOTAL	Menor (P)	Mayor
Granular	↓	↓	↓	↓
Amorfa	51		2 (6)	90
Cristales de dolomita	4		8 (21)	50
Pirita (esferoidal, cúbica y grumos)	2	63	4 (8)	56
Cristales terrigenos	5		1 (2)	126
Cuerpos esféricos	1		6 (6)	12
Restos cámaras foraminíferos	h		25 (50)	84

m.b.m.r.=metros bajo mesa rotaria.
 Mat.=Material.
 h =huellas (<1%).
 (P)=Predominante.
 pa.an.=pardo anaranjado.
 pa.ro.=pardo rojizo.
 pa.cl.=pardo claro.
 pa.=pardo.
 pa.os.=pardo oscuro.
 ne.=negro.
 1, 1, 1, ...=Orden de abundancia de -
 los colores (mayor a me-
 nor).
 ———=Colores e intervalo de -
 madurez térmica represen-
 tativos de la muestra.

NOTAS: La materia carbonosa es de origen leñoso. Los cristales de do-
 lomita se encuentran rodeados por materia orgánica. Los res-
 tos de las cámaras de foraminíferos se encuentran constitui-
 das por materia mineral.

TABLA IV (Continuación):

POZO: POLVORIN-1
 CAMPO: POLVORIN
 MUNICIPIO: PIEDRAS NEGRAS
 ESTADO: COAHUILA

NUCLEO No.: 5
 PARTE: INFERIOR
 PROFUNDIDAD: 2436.5-2445.5 m.b.m.r.
 FORMACION: LA PEÑA

MATERIA ORGANICA:

TIPOS	ORIGEN	ABUNDANCIA(%)		TAMANOS (MICRAS)			COLOR(ES)	IAT (Demaison, 1980)
		PARCIAL	TOTAL	MENOR (P)	MAYOR			
Algácea	Marino	16	↑	3	(30)	189	pa.an., pa.cl., pa.ro.	2.7-3.3
Leñosa	Continental	1	↓	6	(18)	66	pa.an., pa.ro., pa., pa.os.	2.7-3.7
Carbonosa	Continental	2	↓	9	(18)	45	ne.	3.7-4.0

MATERIA MINERAL:

COMPONENTES	ABUNDANCIA(%)		TAMANOS (MICRAS)		
	PARCIAL	TOTAL	MENOR (P)	MAYOR	
Granular	↑	↑	↑	↑	↑
Amorfa	50	↓	2	(6)	99
Pirita (esferoidal y cúbica)	1	56	6	(9)	30
Cristales terrigenos	4	↓	1	(3)	120
Cuerpos esféricos	1	↓	8	(9)	10
Restos cámaras foraminíferos	h	↓	34	(-)	50

m.b.m.r.=metros bajo mesa rotaria.

(P)=Predominante.

pa.an.=pardo anaranjado.

pa.cl.=pardo claro.

pa.ro.=pardo rojizo.

pa.=pardo.

pa.os.=pardo oscuro.

ne.=negro.

1, 2, ... Orden de abundancia de los colores (mayor a menor).

— Colores e intervalo de madurez térmica representativos de la muestra.

h =huellas (<1%).

NOTAS: La materia carbonosa es de origen leñoso. Los restos de las cámaras de foraminíferos se encuentran constituidas por materia mineral.

TABLA IV (Continuación):

POZO: POLVORIN-1
CAMPO: POLVORIN
MUNICIPIO: PIEDRAS NEGRAS
ESTADO: COAHUILA

NUCLEO No.: 6
PARTE: SUPERIOR
PROFUNDIDAD: 2497.5-2506.5 m.b.m.r.
FORMACION: LA PEÑA

MATERIA ORGANICA:

TIPOS	ORIGEN	ABUNDANCIA(%)		TAMAÑOS (MICRAS)			COLOR(ES)	IAT (Demaison, 1980)
		PARCIAL	TOTAL	Menor	(P)	Mayor		
Algácea	Marino	30	42	3	(30)	1950	pa.cl., pa.ro.	2.7-3.0-3.3
Leñosa	Continental	4		6	(27)	102	an.os., pa.cl., pa.ro., pa.os., pa., pa.os.	2.7-3.7
Carbonosa	Continental	5		9	(25)	123	ne.	3.7-4.0
Mat. herbáceo	Marino	1		8	(9)	15	pa.cl., pa.ro.	2.7-3.3
Acritarcas	Marino	2		8	(10)	12	pa.cl., pa.	2.7-3.3
Indeterminados	—	h		20	(25)	36	pa.cl., pa.ro.	2.7-3.3

MATERIA MINERAL:

COMPONENTES	ABUNDANCIA(%)		TAMAÑOS (MICRAS)			
	PARCIAL	TOTAL	Menor	(P)	Mayor	
Granular	32	48	1	(3)	339	
Grumos	2		2		(3)	339
Amorfa	1		3		(8)	350
Pirita (esferoidal, cúbica y grumos)	8		1		(3)	54
Cristales terrígenos	6		10		(20)	24
Cuerpos esféricos radiales	2					

m.b.m.r.=metros bajo mesa rotaria.

Mat.=Material.

h =huellas (<1%).

(P)=Predominante.

pa.cl.=pardo claro.

pa.ro.=pardo rojizo.

an.os.=anaranjado oscuro.

pa.=pardo.

pa.os.=pardo oscuro.

ne.=negro.

1, 2, ...=Orden de abundancia de los colores (mayor a menor).

—=Color e intervalo de madurez térmica representativos de la muestra.

NOTA: La materia carbonosa es de origen leñoso.

TABLA IV (Continuación):

POZO: TRAVERTINO-1
CAMPO: TRAVERTINO
MUNICIPIO: JIMENEZ
ESTADO: COAHUILA

NUCLEO No.: 5
PARTE: 24
PROFUNDIDAD: 1585-1594 m.b.m.r.
FORMACION: LA PEÑA

MATERIA ORGANICA:

TIPOS	ORIGEN	ABUNDANCIA(%)		TAMAÑOS (MICRAS)			COLOR(ES)	IAT (Demaison, 1980)
		PARCIAL	TOTAL	MENOR (P)	MAYOR			
Algácea	Marino	2	↑	15	(30)	105	oc. 1, an. os. 1	2.7-3.0
Leñosa	Continental	3	↑	6	(23)	78	an. os. 5, pa. cl. 4, pa. ro. 3, pa. 2, pa. os. 1	2.7-3.7
Carbonosa	Continental	1	7	3	(18)	168	ne.	3.7-4.0
Polen-esporas	Continental	1	↓	15	(20)	20	oc. 1, an. os. 2	2.7-3.0
Indeterminados	—	h	↓	39	(-)	42	oc. 1, an. os.	2.7-3.0

MATERIA MINERAL:

COMPONENTES	ABUNDANCIA(%)		TAMAÑOS (MICRAS)		
	PARCIAL	TOTAL	MENOR (P)	MAYOR	
Granular	75	↑	3	(6,50)	292
Amorfa	4	88	4	(9)	33
Pirita (esferoidal y cúbica)	8	↓	1	(3)	12
Cristales terrígenos	1	↓	35	(140)	175
Restos cámaras foraminíferos					

m.b.m.r.=metros bajo mesa rotaria.

h =huellas (1%).

(P)=Predominante(s).

oc.=ocre.

an.os.=anaranjado oscuro.

pa.cl.=pardo claro.

pa.ro.=pardo rojizo.

pa.=pardo.

pa.os.=pardo oscuro.

ne.=negro.

1, 2, ...=Orden de abundancia de los colores (mayor a menor).

—=Colores e intervalo de madurez térmica representativos de la muestra.

NOTAS: La materia carbonosa es de origen leñoso. La materia mineral granular está fragmentada. Los restos de las cámaras de foraminíferos se encuentran constituidas por materia mineral.

TABLA IV (Continuación):

POZO: VACAS-1
 CAMPO: VACAS
 MUNICIPIO: JIMENEZ
 ESTADO: COAHUILA

NUCLEO No.: 2
 PARTE: INFERIOR
 PROFUNDIDAD: 1547-1555 m.b.m.r.
 FORMACION: LA PEÑA

MATERIA ORGANICA:

TIPOS	ORIGEN	ABUNDANCIA(%)		TAMAÑOS (MICRAS)			COLOR(ES)	IAT (Demaison, 1980)
		PARCIAL	TOTAL	MINOR (P)	MAYOR			
Algácea	Marino	20	↑	2	(25)	345	oc. 1, an.os. 1	2.7-3.0
Leñosa	Continental	3	27	6	(20)	75	an.os. 1, pa.ro. 1, pa. 1, pa.os. 1	2.7-3.7
Carbonosa	Continental	2		6	(21)	87	ne.	3.7-4.0
Mat. herbáceo	Marino	2	↓	7	(9)	12	an.os. 1, pa.cl. 1	2.7-3.0

MATERIA MINERAL:

COMPONENTES	ABUNDANCIA(%)		TAMAÑOS (MICRAS)		
	PARCIAL	TOTAL	MINOR (P)	MAYOR	
Granular	41	↑	2	(3)	75
Amorfa					↓
Cristales de dolomita	10	63	6	(20)	42
Pirita (esferoidal)	4		3	(8)	30
Cristales terrígenos	8	↓	1	(3)	30

NOTAS: La materia carbonosa es de origen leñoso. Algunos cristales de dolomita se encuentran rodeados por materia orgánica.

m.b.m.r.=metros bajo mesa rotaria.

Mat.=Material.

(P)=Predominante.

oc.=ocre.

an.os.=anaranjado oscuro.

pa.ro.=pardo rojizo.

pa.=pardo.

pa.os.=pardo oscuro.

ne.=negro.

pa.cl.=pardo claro.

1, 2, ...=Orden de abundancia de los colores (mayor a menor).

—=Colores e intervalo de madurez térmica representativos de la muestra.

TABLA V:

ESTUDIO OPTICO DEL KEROGENO

POZOS: CENTELLA-1 Y KIKAPU-1
 CAMPOS: CENTELLA Y KIKAPU
 MUNICIPIO: GUERRERO
 ESTADO: COAHUILA

MUESTRA	PROFUNDIDAD (m.b.m.r.)	FORMACION	POLEN-ESPORAS			ALGACEA		
			%	COLOR(ES)	IAT (Demaison, 1980)	%	COLOR(ES)	IAT (Demaison, 1980)
N1;P.Sup.°	622-631	San Miguel	h	am., am. an.	2.0-2.5	h	am., am. an.	2.0-2.5
N1;P.Inf.°°	639-648	Upson	1	am., am. an.	2.0-2.5		am., am. an.	2.0-2.5
N3;P.Inf.°°	1051-1060	Austin	h	an. os.	2.7-3.0	h	oc., an. os.	2.7-3.0
N4;P.Sup.°°	2472-2481	La Peña	-	-	-	25	pa. an., pa.*	2.7-3.3
N3;P.Med.°	2571-2580	La Peña	-	-	-	35	pa. an., pa.*	2.7-3.3
N4;P.Med.°	2707-2716	La Virgen	-	-	-	?	pa. os.	3.3-3.7

IAT (Demaison, 1980)

INTERVALO REPRESENTATIVO	PUNTO MEDIO
2.0-2.5	2.25
2.0-2.5	2.25
2.7-3.0	2.85
3.0-3.3	3.15
3.0-3.3	3.15
3.3-3.7	3.5

N = Núcleo
 P. = Parte
 ° = Muestra del pozo Centella-1
 °° = Muestra del pozo Kikapú-1
 m.b.m.r. = metros bajo mesa rotaria
 h = huellas (<1%)
 * = Más abundante

am. = amarillo
 an. an. = amarillo anaranjado
 an. os. = anaranjado oscuro
 pa. ro. = pardo rojizo
 oc. = ocre
 pa. an. = pardo anaranjado
 pa. = pardo
 pa. os. = pardo oscuro

TABLA V (Continuación):

POZO: PIOJO-1
CAMPO: PIOJO
MUNICIPIO: PIEDRAS NEGRAS
ESTADO: COAHUILA

MUESTRA	PROFUNDIDAD (m.b.m.r.)	FORMACION	POLEN-ESPORAS				ALGACEA	
			%	COLOR	IAT (Demaison, 1980)	%	COLOR(ES)	IAT (Demaison, 1980)
N1;P.Med.	761-770	Austin	h	am. an.	2.0-2.5	12	am.* , am. an.	2.0-2.5
N1;P.Inf.	761-770	Austin	h	am. an.	2.0-2.5	3	am.* , am. an.	2.0-2.5
N4;P.Sup.	2078-2087	Glen Rose	-	-	-	12	an.	2.5-2.7
N4;P.Inf.	2078-2087	Glen Rose	-	-	-	6	an.	2.5-2.7
N5;P.Med.	2135-2144	La Peña	h	an. os.	2.7-3.0	25	an. os.	2.7-3.0
N5;P.Inf.	2135-2144	La Peña	-	-	-	32	an. os.* , pa. ro.	2.7-3.3
N8;P.Sup.	2177.5-2186.5	La Peña	-	-	-	18	an. os.* , pa. ro.*	2.7-3.3

IAT (Demaison, 1980)

INTERVALO REPRESENTATIVO	PUNTO MEDIO
2.0-2.5	2.25
2.0-2.5	2.25
2.5-2.7	2.6
2.5-2.7	2.6
2.7-3.0	2.85
2.7-3.0	2.85
2.7-3.3	3.00

N = Núcleo
P. = Parte
m.b.m.r. = metros bajo mesa rotaria
h = huellas (<1%)
* = Más abundante

am. an. = amarillo anaranjado
an. os. = anaranjado oscuro
am. = amarillo
an. = anaranjado
pa. ro. = pardo rojizo

TABLA V (Continuación):

POZO: TRAVERTINO-1
 CAMPO: TRAVERTINO
 MUNICIPIO: JIMENEZ
 ESTADO: COAHUILA

MUESTRA	PROFUNDIDAD (m.b.m.r.)	FORMACION	POLEN-ESPORAS			ALGACEA		
			%	COLOR(ES)	IAT (Demaison, 1980)	%	COLOR(ES)	IAT (Demaison, 1980)
N2;P. 28	861.5-870.5	Edwards	-	-	-	9	am.	2.0-2.5
N4;P. 45	1391-1400	Glen Rose	-	-	-	2	am. an., an.	2.0-2.7
N5;P. 24	1585-1594	La Peña	1	oc., an. os.	2.7-3.0	2	oc., an. os.	2.7-3.0
N8;P. 22A	1941-1950	Hosston	h	an. os.	2.7-3.0	h	an. os.	2.7-3.0

IAT (Demaison, 1980)	
INTERVALO REPRESENTATIVO	PUNTO MEDIO
2.0-2.5	2.25
2.0-2.7	2.35
2.7-3.0	2.85
2.7-3.0	2.85

N = Núcleo
 P. = Parte
 m.b.m.r. = metros bajo mesa rotaria
 h = huellas (<1%)
 * = Más abundante

oc. = ocre
 an. os. = anaranjado oscuro
 am. = amarillo
 am. an. = amarillo anaranjado
 an. = anaranjado

TABLA VI:

TEMPERATURAS DE FONDO Y GRADIENTES GEOTERMICOS

POZO: KIKAPU-1

CAMPO: KIKAPU MUNICIPIO: GUERRERO ESTADO: COAHUILA

*TEMPERATURA MEDIA SUPERFICIAL = 21°C

PROFUNDIDAD SCHLUMBERGER (m)	TEMPERATURA FONDO DEL POZO (°C)	GRADIENTE GEOTERMICO °C/km
151.5	34	
1820.0	75	
2302.0	87	
2403.5	90	
3000.5	105	
3001.5	105	27

POZO: PIOJO-1

CAMPO: PIOJO MUNICIPIO: PIEDRAS NEGRAS ESTADO: COAHUILA

*TEMPERATURA MEDIA SUPERFICIAL = 21°C

PROFUNDIDAD SCHLUMBERGER (m)	TEMPERATURA FONDO DEL POZO (°C)	GRADIENTE GEOTERMICO °C/km
202.5	40	
1876.5	77	
1879.0	77	
2403.0	74	25

POZO: TRAVERTINO-1

CAMPO: TRAVERTINO MUNICIPIO: JIMENEZ ESTADO: COAHUILA

*TEMPERATURA MEDIA SUPERFICIAL = 21°C

PROFUNDIDAD SCHLUMBERGER (m)	TEMPERATURA FONDO DEL POZO (°C)	GRADIENTE GEOTERMICO °C/km
206.0	28	
1538.5	67	
1951.0	77	28

- * Dato obtenido de la Carta de Temperaturas Medias Anuales ,
Secretaría de Programación y Presupuesto , 1981.
(Hoja Monterrey , escala 1:1 000 000).

TABLA VII:

CALCULO DEL INDICE TIEMPO-TEMPERATURA (ITT) PARA LAS FORMACIONES LA PEÑA Y ADYACENTES.

POZO: KIKAPU-1
 CAMPO: KIKAPU
 MUNICIPIO: GUERRERO
 ESTADO: COAHUILA

FORMACION: CUPIDO CIMA: 2535 m.b.m.f.

INTERVALO TEMPERATURA (°C)	FACTOR γ	FACTOR TIEMPO (m.a.)	ITT DEL INTERVALO	ITT ACUMULATIVO	TIEMPO ANTES DEL PRESENTE (m.a.)
30-40	1/128	2.0	0.01	0.01	104.8
40-50	1/64	4.9	0.07	0.08	99.9
50-60	1/32	16.7	0.52	0.6	83.2
60-70	1/16	7.6	0.47	1.07	75.6
70-80	1/8	8.7	1.08	2.15	66.9
80-90	1/4	3.8	0.95	3.1	63.1
90-100	1/2	2.1	1.05	4.15	61.0
100-110	1	2.25	2.25	6.4	58.75
110-120	2	2.0	4.0	10.4	56.75
120-130	4	2.15	8.6	19.0	54.6
130-140	8	1.1	8.8	27.8	53.5
140-130	8	7.4	59.2	87.0	46.1
130-120	4	11.2	44.8	131.8	34.9
120-110	2	11.5	23.0	154.8	23.4
110-100	1	11.4	11.4	166.2	12.0
100-90	1/2	11.1	5.55	171.75	0.9
90-80	1/4	0.9	0.22	171.97	0.0

TABLA VII (Continuación):

FORMACION: LA PEÑA CIMA: 2400 m.b.m.r.

INTERVALO TEMPERATURA (°C)	FACTOR γ	FACTOR TIEMPO (m.a.)	ITT DEL INTERVALO	ITT ACUMULATIVO	TIEMPO ANTES DEL PRESENTE (m.a.)
30-40	1/128	2.55	0.01	0.01	103.75
40-50	1/64	8.15	0.12	0.13	95.6
50-60	1/32	16.35	0.51	0.64	79.25
60-70	1/16	5.5	0.34	0.98	73.75
70-80	1/8	7.85	0.98	1.96	65.9
80-90	1/4	3.5	0.87	2.83	62.4
90-100	1/2	2.15	1.07	3.9	60.25
100-110	1	2.15	2.15	6.05	58.1
110-120	2	2.1	4.2	10.25	56.0
120-130	4	2.1	8.4	18.65	53.9
130-140	8	0.4	3.2	21.85	53.5
140-130	8	3.5	28.0	49.85	50.0
130-120	4	11.1	44.4	94.25	38.9
120-110	2	11.6	23.2	117.45	27.3
110-100	1	11.2	11.2	128.65	16.1
100-90	1/2	11.2	5.6	134.25	4.9
90-80	1/4	4.9	1.22	135.47	0.0

FORMACION: GLEN ROSE CIMA: 1802 m.b.m.r.

INTERVALO TEMPERATURA (°C)	FACTOR γ	FACTOR TIEMPO (m.a.)	ITT DEL INTERVALO	ITT ACUMULATIVO	TIEMPO ANTES DEL PRESENTE (m.a.)
30-40	1/128	16.7	0.13	0.13	83.3
40-50	1/64	7.5	0.11	0.24	75.8
50-60	1/32	8.6	0.26	0.5	67.2
60-70	1/16	3.95	0.24	0.74	63.25
70-80	1/8	2.15	0.26	1.0	61.1

TABLA VII (Continuación):

80-90	1/4	2.1	0.52	1.52	59.0
90-100	1/2	2.1	1.05	2.57	56.9
100-110	1	2.15	2.15	4.72	54.75
110-120	2	1.25	2.5	7.22	53.5
120-110	2	7.8	15.6	22.82	45.7
110-100	1	11.4	11.4	34.22	34.3
100-90	1/2	11.05	5.52	39.74	23.25
90-80	1/4	11.55	2.88	42.62	11.70
80-70	1/8	11.2	1.4	44.02	0.5
70-60	1/16	0.5	0.03	44.05	0.0

POZO: PIOJO-1
 CAMPO: PIOJO
 MUNICIPIO: PIEDRAS NEGRAS
 ESTADO: COAHUILA

FORMACION: CUPIDO CIMA: 2253 m.b.m.r.

INTERVALO TEMPERATURA (°C)	FACTOR γ	FACTOR TIEMPO (m.a.)	ITT DEL INTERVALO	ITT ACUMULATIVO	TIEMPO ANTES DEL PRESENTE (m.a.)
30-40	1/128	1.7	0.01	0.01	105.2
40-50	1/64	5.8	0.09	0.1	99.4
50-60	1/32	15.4	0.48	0.58	84.0
60-70	1/16	6.75	0.42	1.0	77.25
70-80	1/8	2.15	0.26	1.26	75.1
80-90	1/4	3.2	0.8	2.06	71.9
90-100	1/2	3.0	1.5	3.56	68.9
100-110	1	1.4	1.4	4.96	67.5

TABLA VII (Continuación):

110-100	1	11.7	11.7	16.66	55.8
100-90	1/2	24.5	12.25	29.91	31.3
90-80	1/4	24.05	6.01	34.92	7.25
80-70	1/8	7.25	0.90	35.82	0.0

FORMACION: LA PEÑA CIMA: 2095 m.b.m.r.

INTERVALO TEMPERATURA (°C)	FACTOR γ	FACTOR TIEMPO (m.a.)	ITT DEL INTERVALO	ITT ACUMULATIVO	TIEMPO ANTES DEL PRESENTE (m.a.)
30-40	1/128	3.15	0.02	0.02	103.1
40-50	1/64	8.1	0.12	0.14	95.0
50-60	1/32	15.0	0.46	0.6	80.0
60-70	1/16	3.3	0.20	0.8	76.7
70-80	1/8	2.8	0.35	1.15	73.9
80-90	1/4	3.15	0.78	1.93	70.75
90-100	1/2	3.0	1.5	3.43	67.5
100-110	1	0.25	0.25	3.68	67.5
110-100	1	2.1	2.1	5.78	65.4
100-90	1/2	24.4	12.2	17.98	41.0
90-80	1/4	24.25	6.06	24.04	16.75
80-70	1/8	16.75	2.09	26.13	0.0

FORMACION: GLEN ROSE CIMA: 1425 m.b.m.r.

INTERVALO TEMPERATURA (°C)	FACTOR γ	FACTOR TIEMPO (m.a.)	ITT DEL INTERVALO	ITT ACUMULATIVO	TIEMPO ANTES DEL PRESENTE (m.a.)
30-40	1/128	15.65	0.12	0.12	83.35
40-50	1/64	6.15	0.09	0.21	77.2
50-60	1/32	2.2	0.06	0.27	75.0

TABLA VII (Continuación):

60-70	1/16	3.1	0.19	0.46	71.9
70-80	1/8	3.15	0.39	0.85	68.75
80-90	1/4	1.25	0.31	1.16	67.5
90-80	1/4	9.7	2.42	3.58	57.8
80-70	1/8	24.7	3.08	6.66	33.1
70-60	1/16	24.3	1.51	8.17	8.8
60-50	1/32	8.8	0.27	8.44	0.0

POZO: TRAVERTINO-1
 CAMPO: TRAVERTINO
 MUNICIPIO: JIMENEZ
 ESTADO: COAHUILA

FORMACION: CUPIDO CINA: 1671 m.b.m.r.

INTERVALO TEMPERATURA (°C)	FACTOR γ	FACTOR TIEMPO (m.a.)	ITT DEL INTERVALO	ITT ACUMULATIVO	TIEMPO ANTES DEL PRESENTE (m.a.)
30-40	1/128	1.8	0.01	0.01	105.3
40-50	1/64	4.95	0.07	0.08	100.35
50-60	1/32	13.55	0.42	0.5	86.8
60-70	1/16	9.0	0.56	1.06	77.8
70-80	1/8	4.9	0.61	1.67	72.9
80-90	1/4	0.9	0.22	1.89	72.0
90-80	1/4	8.2	2.05	3.94	63.8
80-70	1/8	51.0	6.37	10.31	12.8
70-60	1/16	12.8	0.8	11.11	0.0

TABLA VII (Continuación):

FORMACION: LA PEÑA CIMA: 1527 m.b.m.r.

INTERVALO TEMPERATURA (°C)	FACTOR γ	FACTOR TIEMPO (m.a.)	ITT DEL INTERVALO	ITT ACUMULATIVO	TIEMPO ANTES DEL PRESENTE (m.a.)
30-40	1/128	2.65	0.02	0.02	103.7
40-50	1/64	5.9	0.09	0.11	97.8
50-60	1/32	15.0	0.46	0.57	82.75
60-70	1/16	6.75	0.42	0.99	76.0
70-80	1/8	4.0	0.5	1.49	72.0
80-70	1/8	38.7	4.83	6.32	33.3
70-60	1/16	33.3	2.08	8.4	0.0

FORMACION: GLEN ROSE CIMA: 934 m.b.m.r.

INTERVALO TEMPERATURA (°C)	FACTOR γ	FACTOR TIEMPO (m.a.)	ITT DEL INTERVALO	ITT ACUMULATIVO	TIEMPO ANTES DEL PRESENTE (m.a.)
30-40	1/128	14.4	0.11	0.11	85.8
40-50	1/64	8.1	0.12	0.23	77.7
50-60	1/32	4.9	0.15	0.38	72.8
60-70	1/16	0.8	0.05	0.43	72.0
70-60	1/16	5.7	0.35	0.78	66.3
60-50	1/32	50.6	1.58	2.36	15.70
50-40	1/64	15.70	0.24	2.6	0.0

m.b.m.r.-metros bajo mesa rotaria
 m.a.-millones de años

TABLA VIII:

CALCULO DE LAS RELACIONES H/C Y O/C DE MUESTRAS DE NUCLEO DE LA FORMACION LA PEÑA.

POZO: CASA ROJA-1

MUESTRA: N5;P.Superior

INTERVALO DE MADUREZ: IAT=2.7-3.0 $R_o=0.7-1.0$

$\bar{IAT}=2.85$ $\bar{R}_o=0.85$

KEROGENO	ABUNDANCIA RELATIVA (%)	RELACION ATOMICA H/C	RELACION ATOMICA O/C
Tipo II	78.57	0.785(1.11)=0.87	0.785(0.053)=0.04
Tipo III	14.28	0.142(0.77)=0.10	0.142(0.094)=0.01
Tipo IV	7.14	0.071(0.47)=0.03	0.071(0.127)=0.00
Total:		1.0	0.05

POZO: CENTELLA-1

MUESTRA: N3;P.Medía

INTERVALO DE MADUREZ : IAT=3.0-3.3 $R_o=1.0-1.3$

$\bar{IAT}=3.15$ $\bar{R}_o=1.15$

KEROGENO	ABUNDANCIA RELATIVA (%)	RELACION ATOMICA H/C	RELACION ATOMICA O/C
Tipo II	83.72	0.837(0.92)=0.77	0.837(0.046)=0.03
Tipo III	4.65	0.046(0.7)=0.03	0.046(0.077)=0.00
Tipo IV	11.62	0.116(0.49)=0.05	0.116(0.105)=0.01
Total:		0.85	0.04

POZO: CENTINELA-1

MUESTRA: N1;P.Superior

INTERVALO DE MADUREZ: IAT=2.7-3.0 $R_o=0.7-1.0$

$\bar{IAT}=2.85$ $\bar{R}_o=0.85$

KEROGENO	ABUNDANCIA RELATIVA (%)	RELACION ATOMICA H/C	RELACION ATOMICA O/C
Tipo II	70.96	0.709(1.11)=0.78	0.709(0.053)=0.03
Tipo III	19.35	0.193(0.77)=0.14	0.193(0.094)=0.01
Tipo IV	9.67	0.096(0.47)=0.04	0.096(0.127)=0.01
Total:		0.96	0.05

TABLA VIII (Continuación):

POZO: CENTINELA-1

MUESTRA: N4;P.Inferior

INTERVALO DE MADUREZ: IAT=2.7-3.0 Ro=0.7-1.0

$\overline{\text{IAT}}=2.85$ $\overline{\text{Ro}}=0.85$

KEROGENO	ABUNDANCIA RELATIVA (%)	RELACION ATOMICA H/C	RELACION ATOMICA O/C
Tipo II	0.0	0.0 (1.11)=0.0	0.0 (0.053)=0.0
Tipo III	50.0	0.50 (0.77)=0.38	0.50 (0.094)=0.04
Tipo IV	50.0	0.50 (0.47)=0.23	0.50 (0.127)=0.06
Total:		0.61	0.1

POZO: KIKAPU-1

MUESTRA: N4;P.Superior

INTERVALO DE MADUREZ: IAT=3.0-3.3 Ro=1.0-1.3

$\overline{\text{IAT}}=3.15$ $\overline{\text{Ro}}=1.15$

KEROGENO	ABUNDANCIA RELATIVA (%)	RELACION ATOMICA H/C	RELACION ATOMICA O/C
Tipo II	75.75	0.757(0.92)=0.69	0.757(0.046)=0.03
Tipo III	6.06	0.060(0.7)=0.04	0.060(0.077)=0.00
Tipo IV	18.18	0.181(0.49)=0.08	0.181(0.105)=0.01
Total:		0.81	0.04

POZO: MARAVILLAS-1

MUESTRA: N3;P.Inferior

INTERVALO DE MADUREZ: IAT=2.7-3.0 Ro=0.7-1.0

$\overline{\text{IAT}}=2.85$ $\overline{\text{Ro}}=0.85$

KEROGENO	ABUNDANCIA RELATIVA (%)	RELACION ATOMICA H/C	RELACION ATOMICA O/C
Tipo II	76.92	0.769(1.11)=0.85	0.769(0.053)=0.04
Tipo III	11.53	0.115(0.77)=0.08	0.115(0.094)=0.01
Tipo IV	11.53	0.115(0.47)=0.05	0.115(0.127)=0.01
Total:		0.98	0.06

TABLA VIII (Continuación):

POZO: PIOJO-1

MUESTRA: N5;P.Medía

INTERVALO DE MADUREZ: IAT=2.7-3.0 $R_0=0.7-1.0$

$\overline{IAT}=2.85$ $\overline{R_0}=0.85$

KEROGENO	ABUNDANCIA RELATIVA (%)	RELACION ATOMICA H/C	RELACION ATOMICA O/C
Tipo II	77.77	0.777(1.11)=0.86	0.777(0.053)=0.04
Tipo III	8.33	0.083(0.77)=0.06	0.083(0.094)=0.00
Tipo IV	13.88	0.138(0.47)=0.06	0.138(0.127)=0.01
Total:		0.98	0.05

POZO: PIOJO-1

MUESTRA: N5;P.Inferior

INTERVALO DE MADUREZ: IAT=2.7-3.0 $R_0=0.7-1.0$

$\overline{IAT}=2.85$ $\overline{R_0}=0.85$

KEROGENO	ABUNDANCIA RELATIVA (%)	RELACION ATOMICA H/C	RELACION ATOMICA O/C
Tipo II	79.06	0.790(1.11)=0.87	0.790(0.053)=0.04
Tipo III	9.30	0.093(0.77)=0.07	0.093(0.094)=0.00
Tipo IV	11.62	0.116(0.47)=0.05	0.116(0.127)=0.01
Total:		0.99	0.05

POZO: PIOJO-1

MUESTRA: N8;P.Superior

INTERVALO DE MADUREZ: IAT=2.7-3.3 $R_0=0.7-1.3$

$\overline{IAT}=3.0$ $\overline{R_0}=1.0$

KEROGENO	ABUNDANCIA RELATIVA (%)	RELACION ATOMICA H/C	RELACION ATOMICA O/C
Tipo II	85.71	0.857(0.985)=0.844	0.857(0.045)=0.03
Tipo III	4.76	0.047(0.73)=0.034	0.047(0.083)=0.00
Tipo IV	9.52	0.095(0.49)=0.046	0.095(0.115)=0.01
Total:		0.92	0.04

TABLA VIII (Continuación):

POZO: POLVORIN-1

MUESTRA: N5;P.Inferior

INTERVALO DE MADUREZ: IAT=2.7-3.3 Ro=0.7-1.3

$\overline{\text{IAT}}=3.0$

$\overline{\text{Ro}}=1.0$

KEROGENO	ABUNDANCIA RELATIVA (%)	RELACION ATOMICA H/C	RELACION ATOMICA O/C
Tipo II	84.21	0.842(0.985)=0.82	0.842(0.045)=0.03
Tipo III	5.26	0.052(0.73)=0.03	0.052(0.083)=0.00
Tipo IV	10.52	0.105(0.49)=0.05	0.105(0.115)=0.01
Total:		0.9	0.04

POZO: POLVORIN-1

MUESTRA: N6;P.Superior

INTERVALO DE MADUREZ: IAT=3.0-3.3 Ro=1.0-1.3

$\overline{\text{IAT}}=3.15$

$\overline{\text{Ro}}=1.15$

KEROGENO	ABUNDANCIA RELATIVA (%)	RELACION ATOMICA H/C	RELACION ATOMICA O/C
Tipo II	78.57	0.785(0.92)=0.72	0.785(0.046)=0.03
Tipo III	9.52	0.095(0.7)=0.06	0.095(0.077)=0.00
Tipo IV	11.90	0.119(0.49)=0.05	0.119(0.105)=0.01
Total:		0.83	0.04

POZO: VACAS-1

MUESTRA: N2;P.Inferior

INTERVALO DE MADUREZ: IAT=2,7-3.0 Ro=0.7-1.0

$\overline{\text{IAT}}=2.85$

$\overline{\text{Ro}}=0.85$

KEROGENO	ABUNDANCIA RELATIVA (%)	RELACION ATOMICA H/C	RELACION ATOMICA O/C
Tipo II	81.48	0.814(1.11)=0.90	0.814(0.053)=0.04
Tipo III	11.11	0.111(0.77)=0.08	0.111(0.094)=0.01
Tipo IV	7.40	0.074(0.47)=0.03	0.074(0.127)=0.009
Total:		1.01	0.05

TABLA VIII (Continuación):

N = Núcleo.

P. = Parte.

IAT = Índice de alteración térmica, determinado a partir de las láminas palinológicas estudiadas.

\bar{IAT} = Valor medio del índice de alteración térmica.

R_o = Reflectancia de vitrinita equivalente al IAT determinado, según la carta de rangos de madurez de Demaison (1980).

\bar{R}_o = Valor medio de la reflectancia de vitrinita equivalente al

\bar{IAT} medido.

H/C = Hidrógeno/Carbono.

O/C = Oxígeno/Carbono.